Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano

Marta Adriana Bustos Romero

1. Caracterização do Clima

Marta Adriano B. Romero

O estudo do clima, que compreende tanto a formação resultante de diversos fatores geomorfológicos e espaciais em jogo (sol, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, solo etc), quanto sua caracterização definida por seus elementos (temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações), torna-se, pois, importante para a compreensão dos princípios e para o entendimento do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter os resultados esperados durante o projeto.

O clima e seus fatores e elementos são amplamente analisados na literatura, embora tenham sido tratados de forma distinta de autor para autor (Givoni, 1976; Olgyay, 1963; Lynch, 1980; Comes, 1980; Ferreira, 1965).

{©Givoni (1976) diz que o clima de uma dada região é determinado pelo padrão das variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano são: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações - As descrições feitas pelo autor tratam indistintamente os elementos como fatores quando esclarece que: "The purpose of the first chapter is to provide the reader with a general understanding of the nature of the factors which affect climatic conditions over the earth" (1976:01).

Olgyay (1963) diz que o tempo é um conjunto de todas as variáveis meteorológicas, em um dado momento, e que os elementos aparecem em combinação. Dado o fato de que na sua obra o propósito geral é o estudo das sensações do conforto humano, os elementos que mais afetam o conforto são discutidos: temperatura, radiação e ventos, tratando de forma diferenciada os efeitos ria umidade, tais como chuva, névoa, neve geada e pressão de vapor.

Lynh (1980) aponta a temperatura, umidade, precipitação, nebulosidade, velocidade e direção dos ventos e insolação como os condicionantes externos do clima geral com os quais o planejador deve operar. Fie destaca as modificações do clima geral (microclima) impostas pela forma especial das pequenas superfícies: topografia, cobertura, superfície do solo e formas criadas pelo homem. Segundo Lynch (1980:61), "Los efectos dei microclima le darán las pistas para cambiar ei clima general de forma favorable".

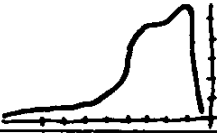
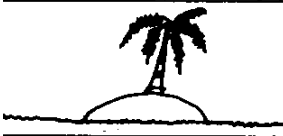
Gomes (1980) faz uma diferenciação entre elementos meteorológicos ou climáticos e fatores climáticos, atribuindo aos primeiros a função de definir o clima e aos segundos a função de dar-lhes origem ou determiná-los (1980:02). Os fatores climáticos seriam: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo. Os elementos do clima seriam: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações atmosféricas.

Ferreira (1965) define os elementos climáticos como os componentes físicos do clima, principalmente temperatura, umidade do ar, precipitações, vento e duração de exposição do sol, que variam, segundo a autora, sob a ação recíproca de diversos fatores, ou causas determinantes', tais como latitude, radiação solar, direção do vento, distância do mar, relevo, vegetação, massas de ar e outros.

Para a presente análise adotou-se a diferenciação entre elementos *e* fatores, atribuindo-se aos primeiros a qualidade de definir, de fornecer os componentes do clima, e aos segundos a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima. Destacamos ainda, para efeitos da presente análise, os chamados fatores locais que introduzem variações no clima, Ferreira (1965:08), ou, como diz Lynch (1980:61), as modificações ao clima geral impostas pela forma especial das pequenas superfícies.

Tal diferenciação servirá de base para o desenvolvimento desta dissertação, de forma que os elementos e fatores do clima serão tratados conforme aparecem no Quadro 1.

A separação apresentada no Quadro 1 obedece apenas a uma exigência metodológica; é absolutamente necessário que se tenha presente que todos os elementos e fatores atuam em conjunto, sendo que cada um deles é o resultado da conjugação dos demais.

Feita esta advertência, pode-se, por uma questão operativa, analisar cada um dos fatores e elementos do clima em separado, iniciando-se pelos fatores climáticos globais, ou seja, aqueles que condicionam, determinam e (dão origem ao clima nos seus aspectos macro ou mais gerais, tais como a radiação solar, a latitude, a longitude, a altitude, os ventos *e* as massas de água *e* terra, de acordo com os esquemas apresentados no Quadro 1

Em seguida serão analisados os fatores climáticos locais, quer dizer, aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao microclima, ou ao clima que se verifica num ponto restrito (cidade, bairro, rua etc.), como a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído.

Finalmente serão analisados os elementos climáticos, isto é, aqueles que representam os valores relativos a cada tipo de clima, tais como a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar.

Para melhor compreensão do clima, serão adotados nesta dissertação os princípios gerais que caracterizam o clima das regiões tropicais em função da edificação referidos por Ferreira (1965).

As interações dos fatores e elementos do clima e dos princípios gerais que caracterizam o clima das regiões tropicais serão analisados nas conclusões deste capítulo.

Quadro 1 Configuração do clima

Fatores climáticos globais

	Radiação solar Quantidade/Qualidade/Inclinação do eixo terrestre/Equilíbrio término terrestre.
	Latitude
	Altitude
	Ventos
	Massas de água e terra

Fatores climáticos locais

	Topografia Declividade/Orientação/Exposição/Elevação.
	Vegetação
	Superfície do solo Natural ou Construído/Reflexão/Permeabilidade/Temperatura/Rugosidade.

Elementos climáticos

	Temperatura Valores médios/Variações/Valores extremos/Diferenças térmicas entre o dia e a noite.
	Umidade do ar Absoluta/Relativa/Pressão de valor
	Precipitações Chuva/Neve (todo tipo de água que se precipita da atmosfera).
	Movimento do ar Velocidade/Direção/Mudanças diárias e estacionais.

Fatores climáticos globais

Fatores climáticos globais são aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao clima, ou seja, radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e massas de água e terra.

Radiação solar

A radiação solar é a energia transmitida pelo sol (motor de todo o sistema de vida terrestre) sob a forma de ondas magnéticas.

A energia solar nas camadas mais altas da atmosfera contém certa quantidade de energia, que varia em função da distância da terra ao sol e das atividades solares, cuja média é igual a 1.97 cal /cm²/min (constante solar) e cujo espectro é constituído de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda, dividido grosseiramente em três regiões: a ultravioleta, a visível e a infravermelha (Figura 1).

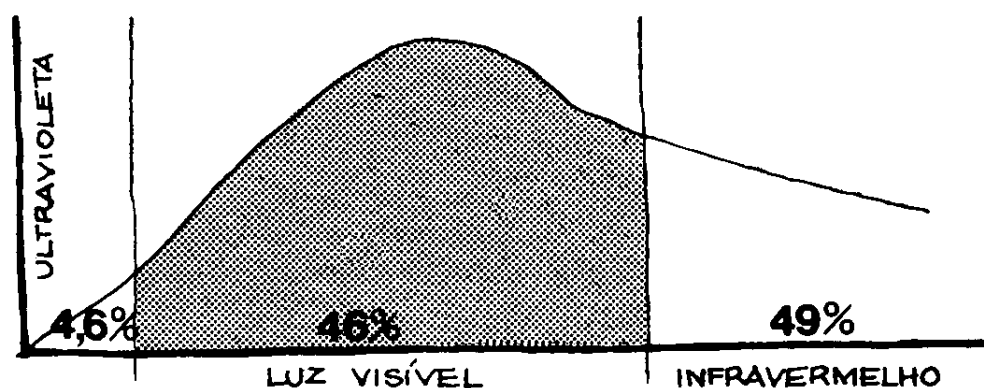



Figura 1 – Composição da Radiação Solar: percentagens de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimento de onda. Fonte: Crowther (1977:43)

À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar (Figura 2).

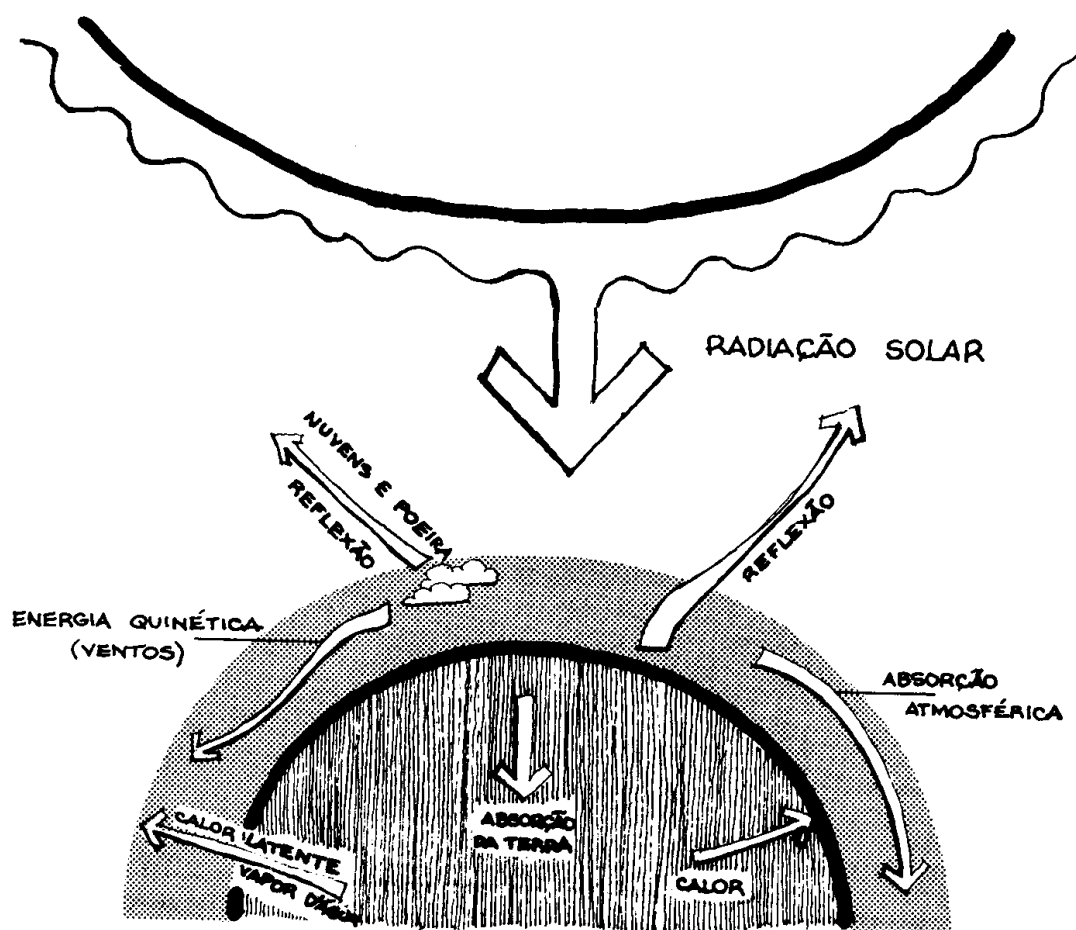



Figura 2 – Fenômeno de absorção / reflexão da radiação solar na Terra. Fonte: Crowther (1977)

O ozônio absorve a maior parte dos raios ultravioletas e aqueles de menor comprimento de onda, fazendo com que uma pequena parcela chegue à superfície da terra. Os vapores d'água e o dióxido de carbono absorvem grande parte dos raios infravermelhos, reduzindo sua carga térmica.

Ao atravessar a atmosfera, a radiação é dispersada, em parte devido à ação da poeira e de outras moléculas em suspensão, em parte porque é refletida difusamente a partir da fração inferior das nuvens (Olgyay, 1963).

Uma parcela da radiação solar que penetra na atmosfera é refletida pela superfície da terra ou pelas nuvens, outra é absorvida pelos níveis inferiores da atmosfera, produzindo um aumento da temperatura do ar.

O padrão diário e anual de energia solar incidente sobre a superfície da terra depende da intensidade da radiação solar e da duração da presença do sol na abóbada celeste.

A intensidade da radiação depende da densidade do ar através do qual os raios devem penetrar. A quantidade de energia solar incidente (intensidade de radiação vezes o tempo de exposição) depende também da transparência da atmosfera com relação às nuvens e da pureza do ar quanto à poeira, dióxido de carbono e vapor d'água.

A diferença entre a quantidade de radiação recebida na superfície terrestre e a emitida de volta a partir da superfície da terra é a perda de calor radioativo ou radiação terrestre (Bardou, 1980:1 3).

Quando o céu está encoberto, a perda é mínima, devido ao fato de que as partículas de água das nuvens absorvem e reemitem a maioria da radiação vinda da terra. A radiação terrestre é, portanto, maior quando a atmosfera está clara e seca, e menor quando a quantidade de vapor d'água, poeira e, particularmente, as nuvens aumentam (Figura 3).

A quantidade de calor absorvido pela terra cada ano está em equilíbrio com as perdas de calor. Estas perdas são verificadas através de três processos: radiação, evaporação (a superfície terrestre esfria quando a água se transforma em vapor e se mistura com o ar) e convecção (o ar aquecido pelo contato com a terra fica mais leve e sobe para a atmosfera superior, onde é dissipado).

Segundo Bardou (1980), o balanço final, nulo em um ano, se estabelece em termos de somas pontuais, já que todos estes fenômenos de intercâmbios são sensíveis às condições locais: diferenças entre os Pólos e Equador; condições climáticas (nuvens, bruma) estado, natureza, cor e temperatura do solo terrestre.

A espessura das camadas de ar através do qual os raios penetram para alcançar um ponto na terra depende do ângulo que o sol apresenta no horizonte (a altura do sol varia com a latitude geográfica de um ponto, desde o máximo nos trópicos decrescendo até os Pólos).

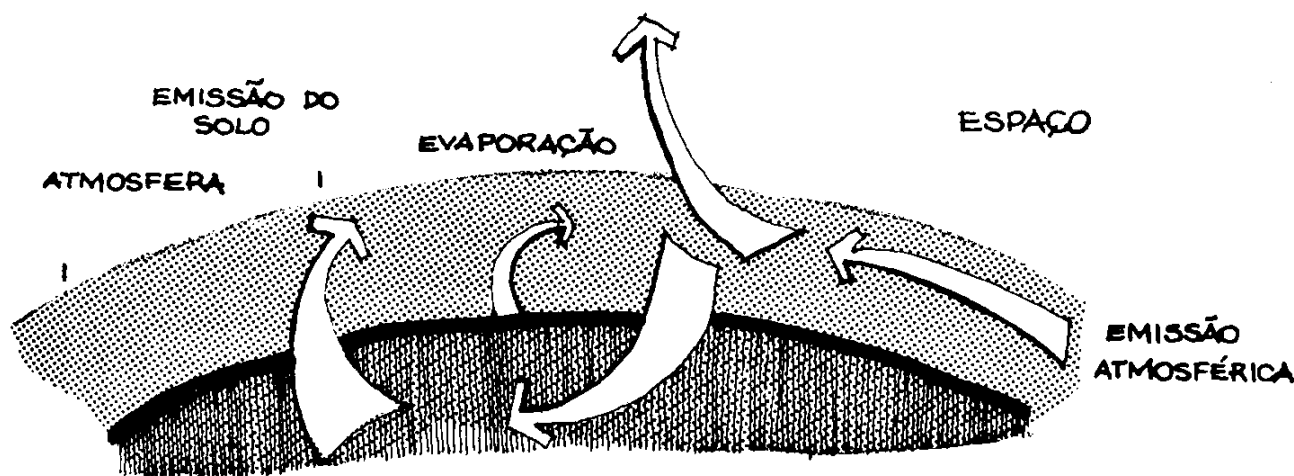



Figura 3 – Radiação Terrestre. Adaptado de Bardou (1980:13)

Para determinar a direção da radiação é necessário localizar a posição do sol por meio de dois ângulos: azimute e altura (Figura 4).

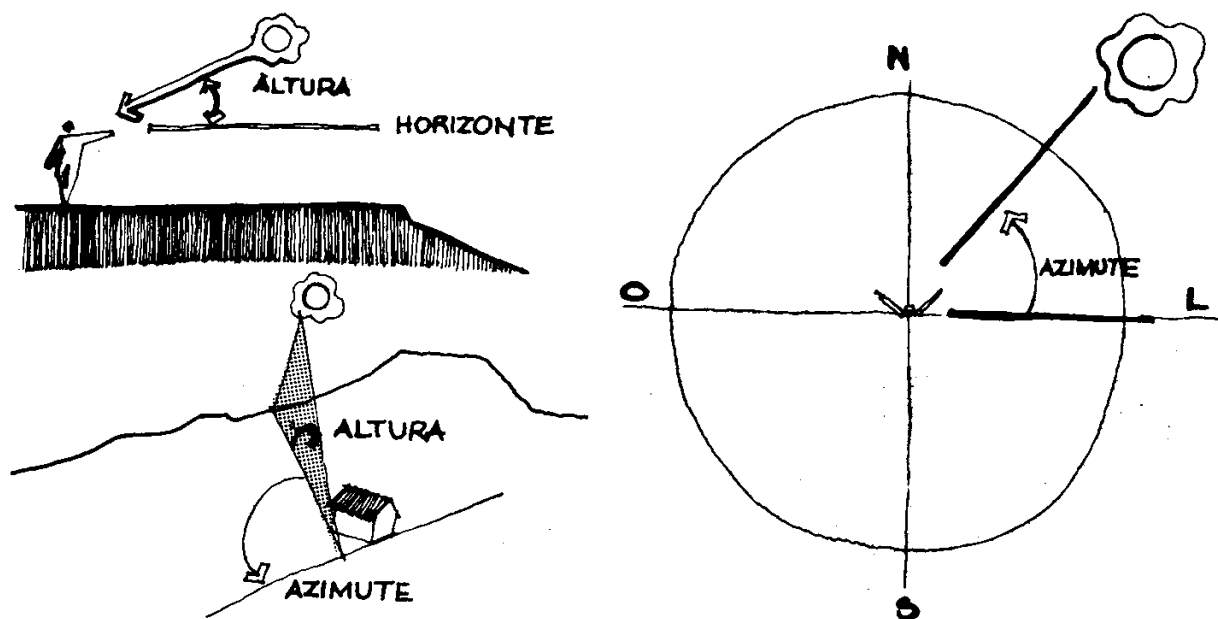



Figura 4 – Localização e posição do Sol. Adaptado de Bardou (1980:20) e Wright (1978)

A radiação solar pode ser absorvida e refletida pelas superfícies opacas sobre as quais incide, sendo o fluxo incidente igual à soma dos fluxos absorvidos e refletidos. A quantidade de energia absorvida e refletida depende da cor e das características da superfície. A areia, por exemplo, é um grande absorvedor da energia solar, enquanto a neve constitui um bom refletor dela.

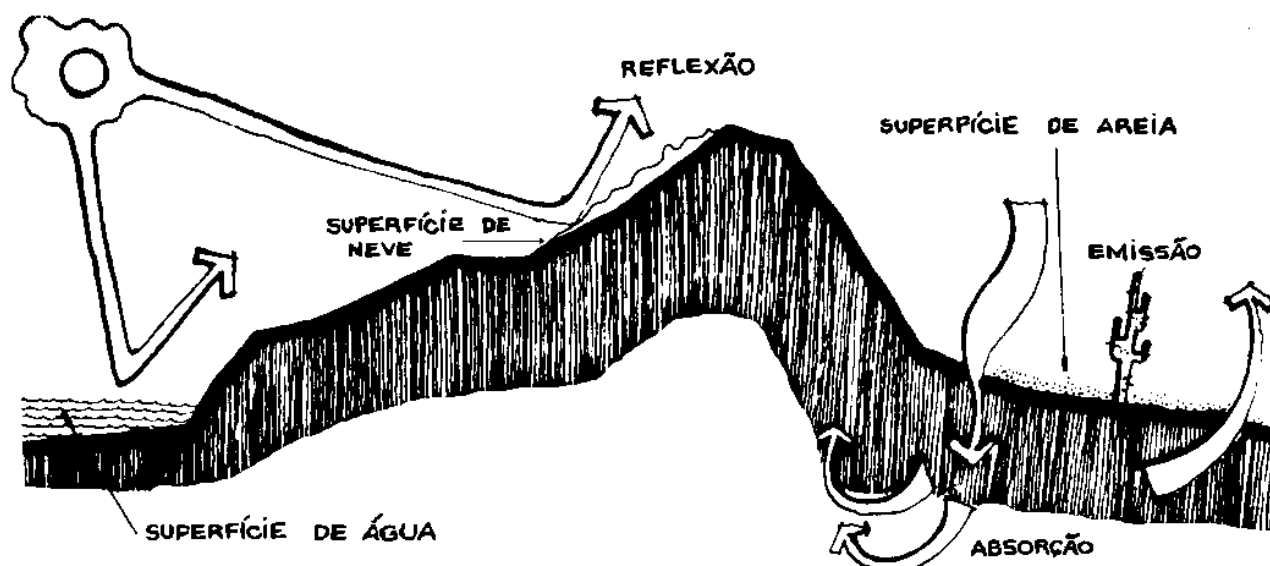



Figura 5 –Fenômenos de absorção/reflexão

A quantidade de radiação solar absorvida e refletida sofre ainda a influência do ângulo em que os raios solares atingem a superfície sobre a qual incidem (Figura 6)

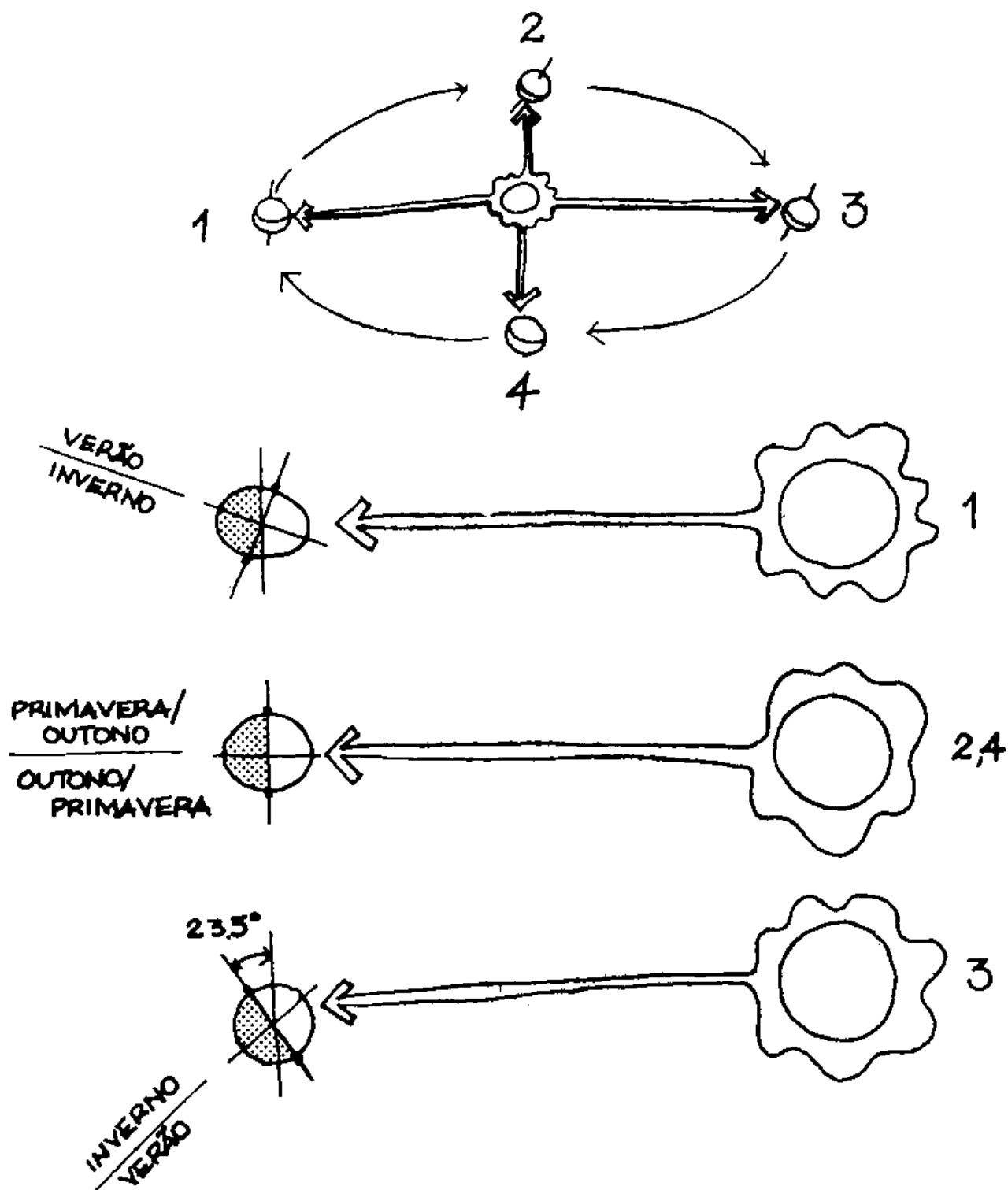



Figura 6 – Posições da Terra

Latitude, longitude e altura

A latitude, a longitude e a altura sobre o mar são as coordenadas que determinam a posição de um ponto da superfície terrestre.

A latitude sempre é referida à linha do Equador terrestre. Tomando como ponto de partida o Equador, a temperatura média do ar esfria-se paulatinamente para os Pólos, mas o esfriamento não é constante. As isotermas não seguem rigorosamente os paralelos, desviando-se pelo efeito da altura, ventos, correntes marinhas e outros fatores do clima.

Segundo Fitch (1971), o principal fator geográfico no meio e expresso pela latitude, já que sua distância a partir da linha do Equador determina a quantidade de energia solar que cada ponto vai receber. A longitude, diz o autor, não possui a mesma importância, pois se refere muito mais à localização e nunca ao clima (Figura 7).

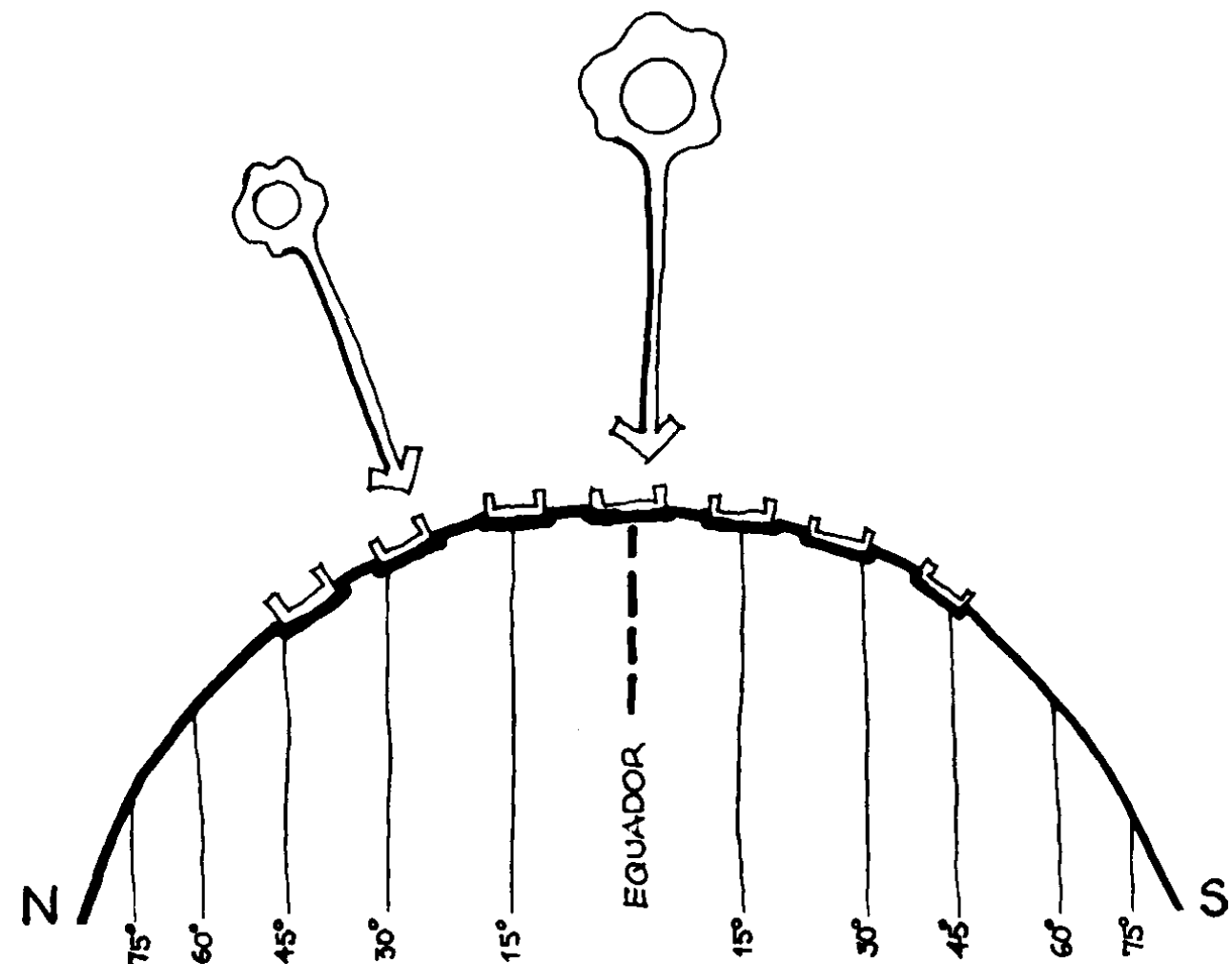



Figura 7 – A incidência da radiação solar segundo a latitude.

Também afirma que, quando a superfície do globo é absolutamente uniforme em perfil e material, a correlação

entre latitude e clima pode ser absoluta. Mas esta situação não se verifica, já que a principal razão para os desvios do clima numa dada latitude é a diferente capacidade de armazenagem de calor das massas de água e de terra. Enquanto a água possui um calor específico alto, a acumulação de temperatura é muito mais baixa que a da terra. Tem-se que o efeito de qualquer corpo de água sobre seu entorno imediato reduz as temperaturas extremas diurnas e estacionais; segundo Fitch (1971), as grandes massas d'água possuem um pronunciado efeito estabilizador.

A altitude está referida ao nível do mar. É um dos fatores que exerce maior influência sobre a temperatura. Ao aumentar a altura, o ar está menos carregado de partículas sólidas e líquidas, e são justamente estas partículas que absorvem as radiações solares e as difundem aumentando a temperatura do ar.

O gradiente termométrico doar é de aproximadamente 1^0C para cada 200 m de altura, com pouca variação em relação à latitude e às estações.

Segundo Fitch (1971), o fato de a temperatura do ar diminuir numa proporção constante com a altura explicaria a maioria das "anomalias" verificadas no altiplano peruano ou nas montanhas da Lua no Leste africano, onde, apesar de uma localização equatorial, estas altitudes (3.000 e 5.000 m, respectivamente) dão àquelas regiões névoas glaciais e flora alpina de tundra, em vez de chuvas, e florestas tropicais, como seria o normal nessas latitudes.

Ventos

O vento é uma conseqüência direta das variações barométricas. devido ao desequilíbrio atmosférico, cujas causas essenciais "são a heterogeneidade do globo terrestre do ponto de vista da absorção local da energia solar *e* da diversidade nas trocas energéticas no interior das próprias correntes gasosas ou nas suas proximidades" (Ferreira, 1965:78).

{©São fundamentalmente correntes de convecção na atmosfera que tendem a igualar o aquecimento diferencial das diversas zonas. O diagrama de movimento fica modificado pela rota terrestre. Segundo Villas Boas (1983:13), "a diferença de pressão ou de temperatura, entre dois pontos da atmosfera gera um fluxo de ar, que se desloca das regiões mais frias (baixa pressão) para as regiões mais quentes (alta pressão), condição em que, somada à força mecânica gerada pelo movimento de rotação da Terra (Força de Coriolis), define a próxima circulação geral da atmosfera.

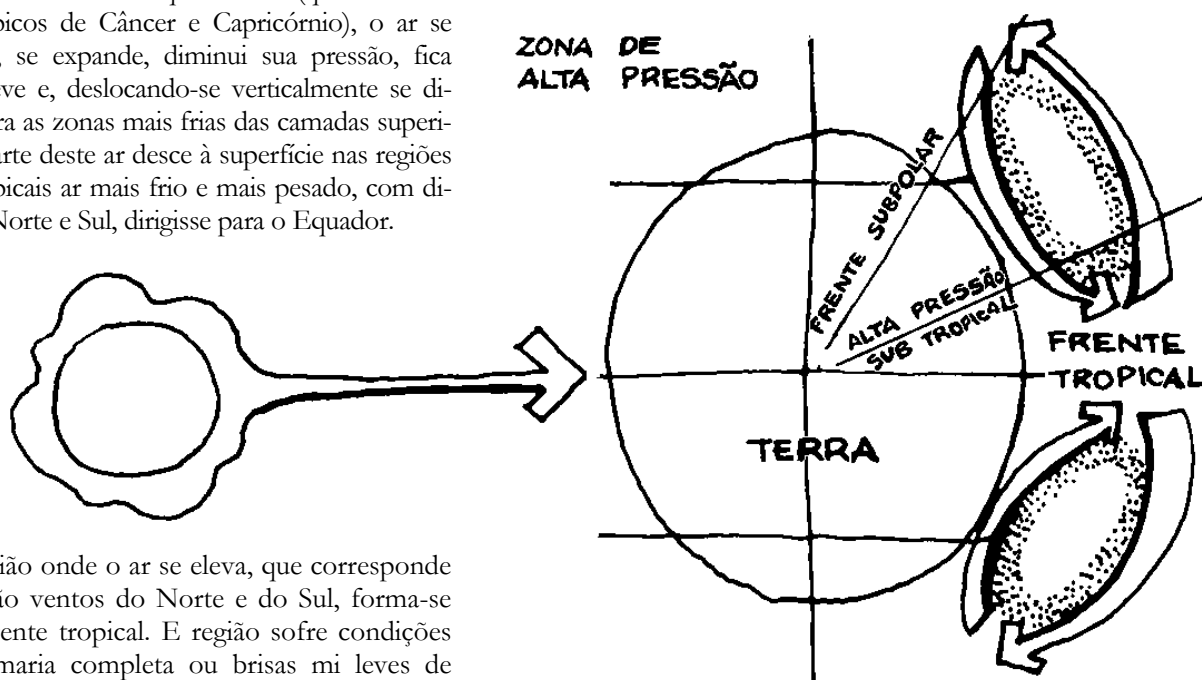
Na zona de máximo aquecimento (que fica entre os trópicos de Câncer e Capricórnio), o ar se aquece, se expande, diminui sua pressão, fica mais leve e, deslocando-se verticalmente se dirige para as zonas mais frias das camadas superiores Parte deste ar desce à superfície nas regiões subtropicais ar mais frio e mais pesado, com direção Norte e Sul, dirigisse para o Equador.

Na região onde o ar se eleva, que corresponde à junção ventos do Norte e do Sul, forma-se uma frente tropical. E região sofre condições de calmaria completa ou brisas mi leves de direções irregulares (Figura 8).

Figura 8 – Mudanças estacionais na direção do vento. Adaptado de Koenigsberger (1977).

A atmosfera gira com a terra. Como seu peso é leve, ela comporta como um fluido mantido contra a superfície terrestre pela gravidade e fricção. O ar tende a retrasar-se em rela à velocidade da rotação terrestre, onde esta é mais rápido isto é, no Equador (Figura 9).

Como o sentido do giro da terra é de Oeste a Leste, todo vento do Leste tem um efeito de freio sobre a superfície terrestre enquanto todo vento do Oeste tem um efeito acelerante.

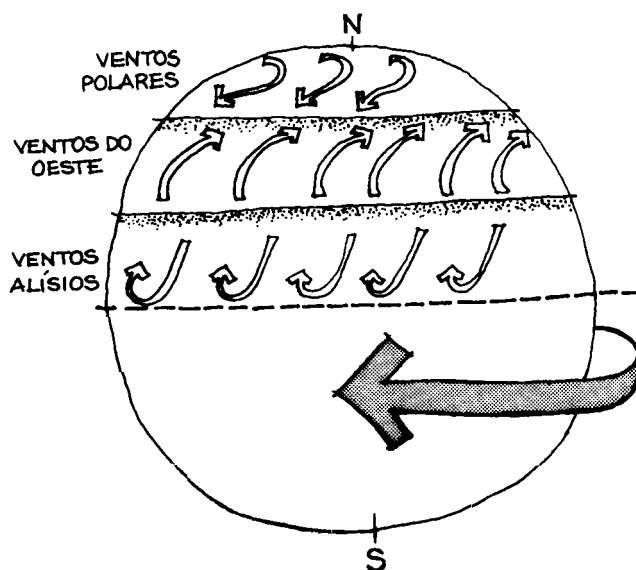



Figura 9 – Movimento do ar devido á rotação terrestre.

No transcurso do ano, o diagrama global de ventos(Koenigsherger, 1977) muda de Norte a Sul e vice-versa. Dada esta mudança anual, a maior parte das regiões terrestres experimentam mudanças estacionais não somente na temperatura, mas também na direção do vento e das precipitações (como conseqüência do ar carregado de vapor d'água).

Além dos deslocamentos das massas de ar numa escala global, atuam também no clima os ventos locais, provocados pelos diferenciais térmicos gerados pelas presenças de terra e água, vale e montanha etc.

Para o desenho urbano, o interesse centra-se nos ventos locais, sendo preciso conhecer somente como se processam os mecanismos do vento nas camadas mais baixas da atmosfera.

Massas de água e terra

A proporção entre as massas de terra e os corpos de água num dado território produz um impacto característico no clima. As massas continentais de terra produzem grandes variações mesmo ao longo de uma mesma latitude, verificando-se também grandes extremos estacionais junto a uma dada região. As penínsulas e baias tendem a possuir climas fortemente influenciados pelos corpos de água adjacentes, como, por exemplo: a península de Yucatán, no México, e a Itália, enquanto as ilhas podem sempre apresentar climas estáveis e desvios mínimos das características inerentes a suas latitudes.

A principal razão para que estes fenômenos se manifestem pode ser atribuída à diferente capacidade de armazenagem de calor das massas de água e de terra. Enquanto a água possui o mais alto calor específico, a acumulação de calor é muito menor na água que na terra.

O efeito de qualquer corpo de água sobre seu entorno imediato reduz as temperaturas extremas diurnas e estacionais; grande massas de água possuem um pronunciado efeito estabilizador

Às vezes, a capacidade de armazenar calor de muitos lagos é mais aparente após uma noite de geada, já que sempre aparece uma faixa de vegetação sem estragos ao redor da borda de cada corpo de água.

Como exemplo dos efeitos no clima local produzidos pela presença de grandes massas de água ou terra, Fitch (1971) cita Honolulu e Timbuctoo, localizados aproximadamente na mesma latitude, **19º.** e **17º.** N, respectivamente. Em Honoluli próxima do centro de um grande e aquecido oceano, as variações diuturnas de temperatura são insignificantes; já em Timbuctoo, no centro de uma grande massa de terra árida as variações de temperatura diuturnas e estacionais são extremamente pronunciadas.

As massas de terra possuem grandes diferenças de armazenagem de calor, devido particularmente às características físicas d solo. Assim, tem-se que a areia do deserto do Saara e as neve do Continente Antártico são o resultado de um conjunto de fatores climáticos primários: o ar muito seco e a intensa insolação num caso e o frio intenso e a escassa insolação no outro. Mas os dois tipos de materiais são, ao mesmo tempo a causa de características climáticas secundárias.

As elevações possuem também um impacto climático importante sobre as terras baixas das proximidades. Geralmente forçam as massas de ar úmidas a subir e, neste processo, o ar esfriado provoca a condensação. Como resultado, as massas de ar descarregam a maioria de sua umidade (na forma de chuva, granizo ou neve) no lado mais quente da área. Este fenômeno produz a chamada sombra de chuva (Figura 10).

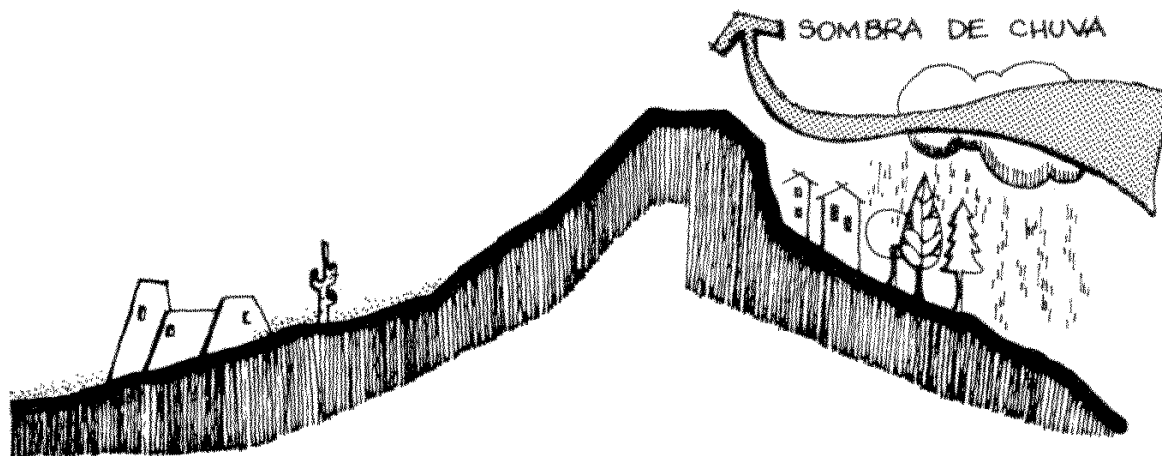



Figura 10 – Fenômeno de sombra de chuva.

No Brasil, este fenômeno acontece, por exemplo, na região nordestina, em função das cadeias montanhosas que se desenvolvem ao longo da costa.

As brisas que sopram do mar são desviadas pelo acidente de relevo, criando a sotavento uma região árida: o sertão(Figura 11).

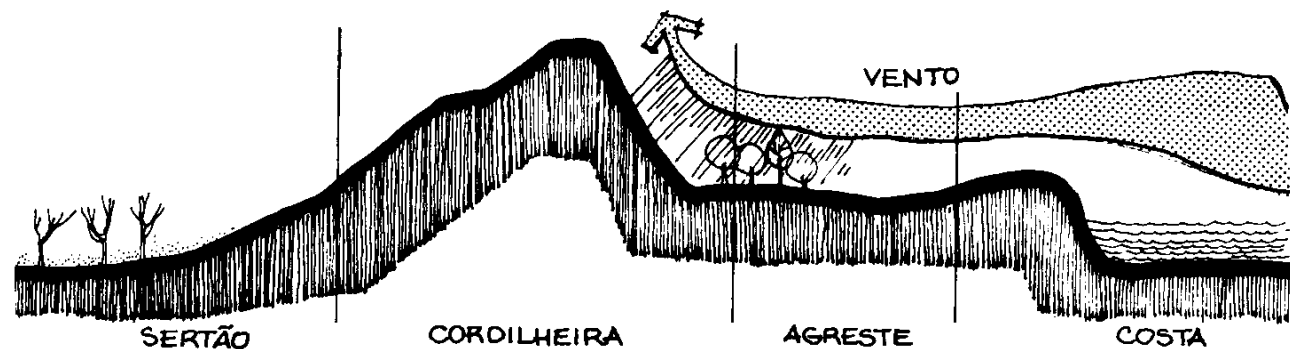



Figura 11 – As massa úmidas são forçadas a subir..

Fatores climáticos locais

Os fatores climáticos locais são aqueles fatores que condicionam, determinam e dão origem ao microclima isto é, ao clima que se verifica num ponto restrito (cidade, bairro. rua etc.), tais como a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído.

A forma da superfície terrestre afeta particularrnente o micro clima.

Topografia

A topografia é o resultado de processos geológicos e orgânicos.

Segundo Lynch (1980), pode-se considerar que a variante mais importante da superfície seja a presença ou ausência *de* água: o conteúdo de umidade do solo, seu dreno e a posição do lençol freático.

As regiões acidentadas possuem os micro climas mais variados Cada pendente possui características próprias. A orientação e sua declividade influenciam os aportes de radiação (Figura 12).

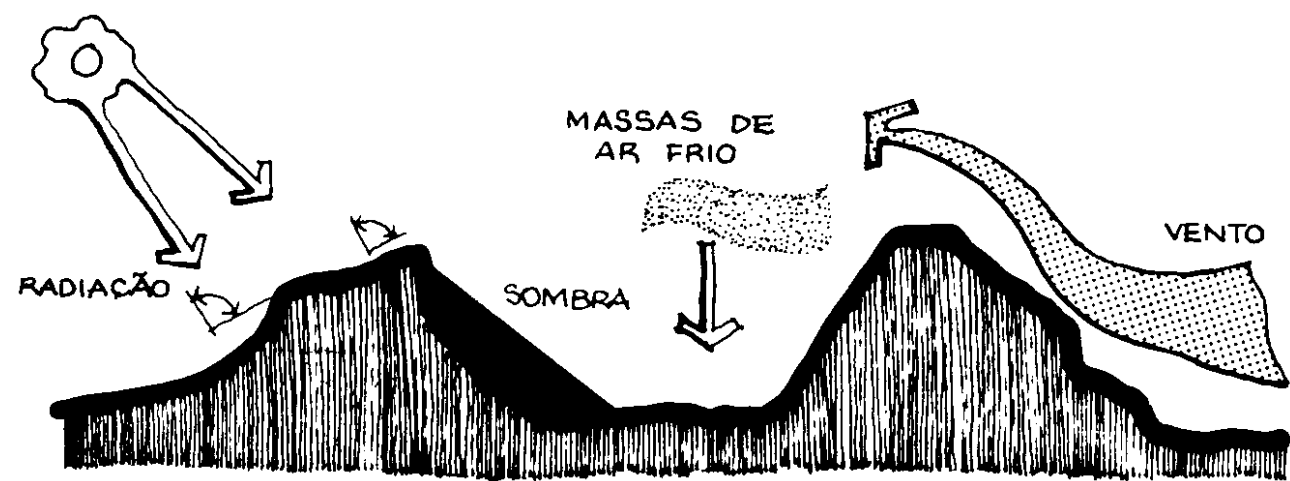



Figura 12 – Influência do relevo no microclima. Fonte: Bardou/Arzoumanian(1980).

A força, direção e conteúdo da umidade dos fluxos de ar estão muito influenciados pela topografia. Os fluxos de ar podem ser desviados ou canalizados pelas ondulações da superfície terrestre; por exemplo, quando uma massa de ar é descendente dificilmente ocorrerão precipitações, e devido a isto as características pluviométricas variam muito entre localidades situadas a barlavento ou sotavento das montanhas.

Na topografia devem ser consideradas a declividade, a orientação, a exposição e a elevação das ondulações da superfície da terra.

As pequenas mudanças de elevação e de orientação podem produzir variações significativas em lugares separados por pequenas distâncias.

Segundo Fitch (1971), os efeitos combinados da elevação e da orientação podem produzir espetaculares anomalias climáticas. O autor cita o exemplo dos lagos italianos (Comc Carda, Lugano), onde as beiras destes lagos, localizados a uma grande altitude em clima alpino, possuem clima subtropical, acompanhado por vegetação tropical. Esta anomalia é o resultado de vários fatores. Um deles é a localização na base sul dos Alpes, que fica assim exposta aos raios solares baixos do inverno e fica também protegida dos ventos frios da Europa Oriental. A esse fator se juntam outros dois: as massas de ar aquecidas, que deslizam para baixo nas encostas sul no inverno, e o reservatório de calor representado pelos lagos (Figura 13).

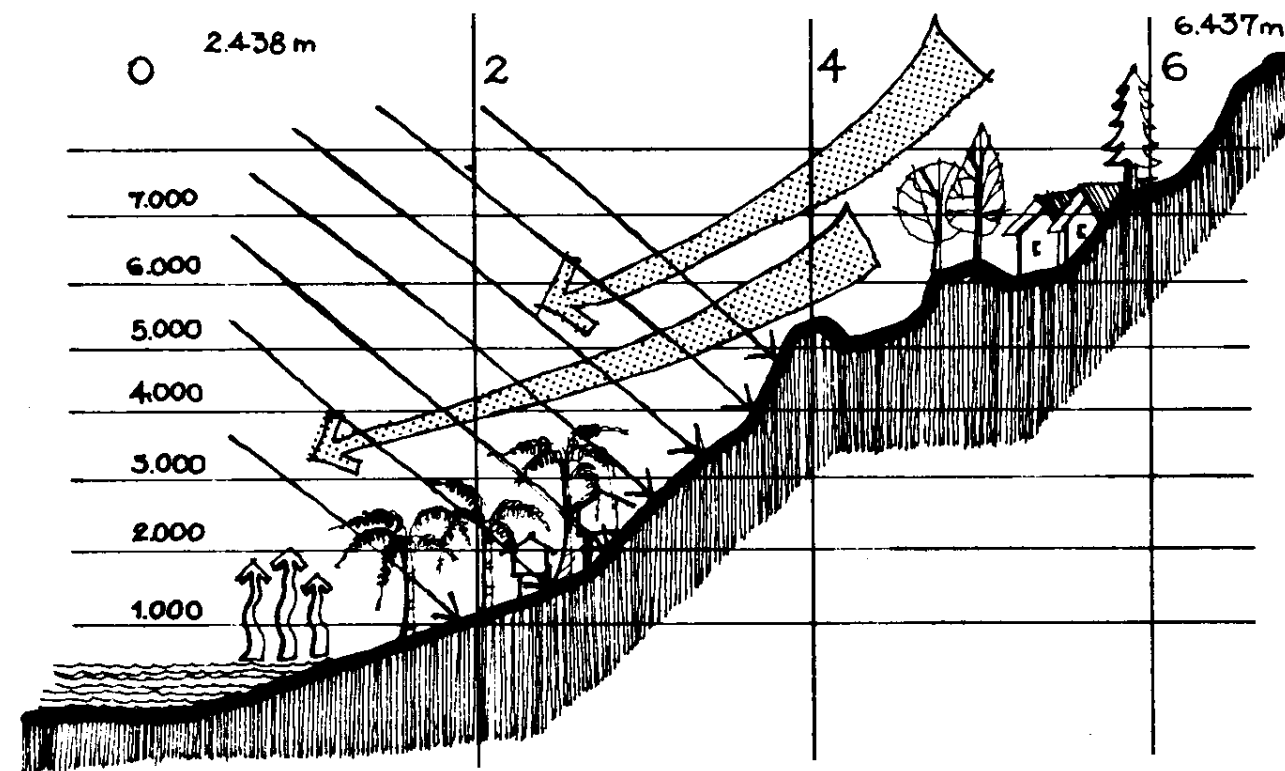



Figura 13 – Anomalias climáticas produzidas pelos efeitos combinados da elevação e da orientação. Fonte: Fitch (1971:247).

Vegetação

A vegetação contribui de forma significativa ao estabelecimento dos micro climas. O próprio processo de fotossíntese auxilia na umidificação do ar através do vapor d'água que libera.

Em geral, a vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos, reduzindo os extremos ambientais.

Fitch (1971), analisando os estudos realizados por Rudolph Ceiger, indica que, no Hemisfério Norte, uma floresta mista de carvalhos e álamos reduz em 69% a radiação solar incidente fazendo com que as florestas sejam mais frias no verão e mais quentes no inverno. Diz ainda que urna fileira de árvore pode reduzir a velocidade do vento em 63%.

O ecossistema de uma vegetação densa funciona por um processo delicado, frágil. Exemplo disto são as florestas tropicais do Brasil, onde a circulação de nutrientes é intensa, tendo como elementos a cobertura vegetal espessa e as chuvas abundantes. Deve-se lembrar, no caso específico das florestas tropicais, a complexa dinâmica da vegetação e das chuvas, que na paisagem se apresenta na exuberância da flora. A devastação intensa conduz à quase total perda dos nutrientes do solo, levados pelas chuvas da região.

A vegetação auxilia na diminuição da temperatura do ar, absorve energia, favorece a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial à renovação do ar.

Um espaço gramado pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor.

lzard e Guyot(1980:48) falam do efeito produzido pela folhagem de uma árvore sob a superfície que se encontra imediatamente debaixo dela. Esta folhagem "cria uma espécie de céu' e sua temperatura radiante é mais elevada que a abóbada celeste, o que permite uma diminuição da emissão de radiação infravermelha da superfície terrestre" (Figura 14). (T.A.)

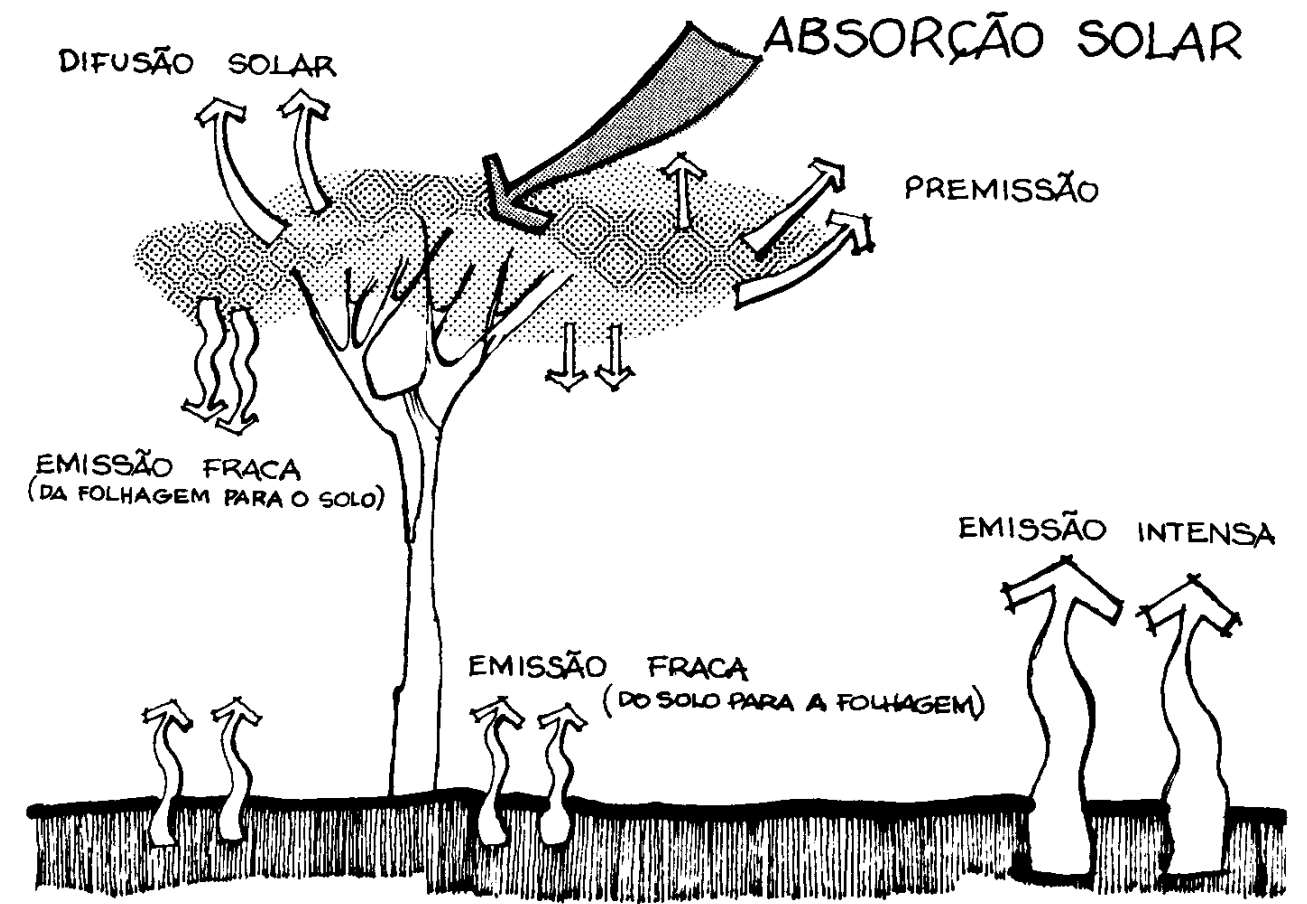



Figura 14 – Efeito regulador da Vegetação nas radiações de grande comprimento de onda. Adaptação de Izard/Guyot (1980).

Superfície do solo

A análise da superfície do solo pode ser realizada a partir de seus dois aspectos mais importantes: o solo natural e o solo construído.

A análise do primeiro aspecto revelará o potencial hídrico, as quantidades de areias e cascalhos para possíveis drenagem filtrações, erosões e capacidade térmica, informações estas fundamentais para determinar os índices de reflexão ou absorção da superfície do solo.

Numa classificação esquemática pode-se encontrar as seguintes condições:

✓ *Lodo* - fértil, expande facilmente, sob peso comprime-se, resistência adequada, facilmente escavável, penetração mediana, pouca capacidade térmica;

✓ *Turfa* - cultivável, moldável, resistência regular orgânica, compacta, mediana capacidade térmica;

✓ *Argila* - expansível, pesada, moldável e plástica, pegajosa quando úmida, pouca resistência à penetração, boa capacidade térmica;
✓ *Areia* - solta, granulada, pesada, boa resistência à penetração precisa ser contida, boa capacidade térmica;
✓ *Cascalho* - duro, pesado, solto, boa resistência, capacidade térmica excelente;
✓ *Rocha* - dura, pesada, sólida, excelente resistência, boa estruturalmente, sem penetração, excelente capacidade térmica.

A natureza dos materiais superficiais é de primeira importância. Para efeito deste estudo é imprescindível conhecer também o poder difusor de uma superfície, isto é, o albedo, que é a proporção entre a luz do sol recebida e refletida por uma superfície. Por exemplo, a lua, como se vê, é a representação da luz do sol pelo albedo. A reflexão da luz do sol a partir das nuvens, neve, areias de desertos, montanhas e corpos de água pode ser um fator incrementador da quantidade de energia solar recebida diretamente (Figura 15).

Segundo Lynch (1980), se o solo possui um albedo baixo e uma condutibilidade alta, o micro clima resultante é suave e estável, uma vez que o excesso de calor é absorvido e armazenado rapidamente e, quando as temperaturas diminuem, é rapidamente devolvido. Os materiais de superfície com alto albedo e baixa condutibilidade contribuem para criar um micro clima de extremos, já que não auxiliam para equilibrar os contrastes. O mar, os vales e os solos úmidos em geral tendem a equilibrar as temperaturas, enquanto a areia, a neve ou os pavimentos não atuam da mesma maneira, sendo quentes durante o dia e frios durante a noite.

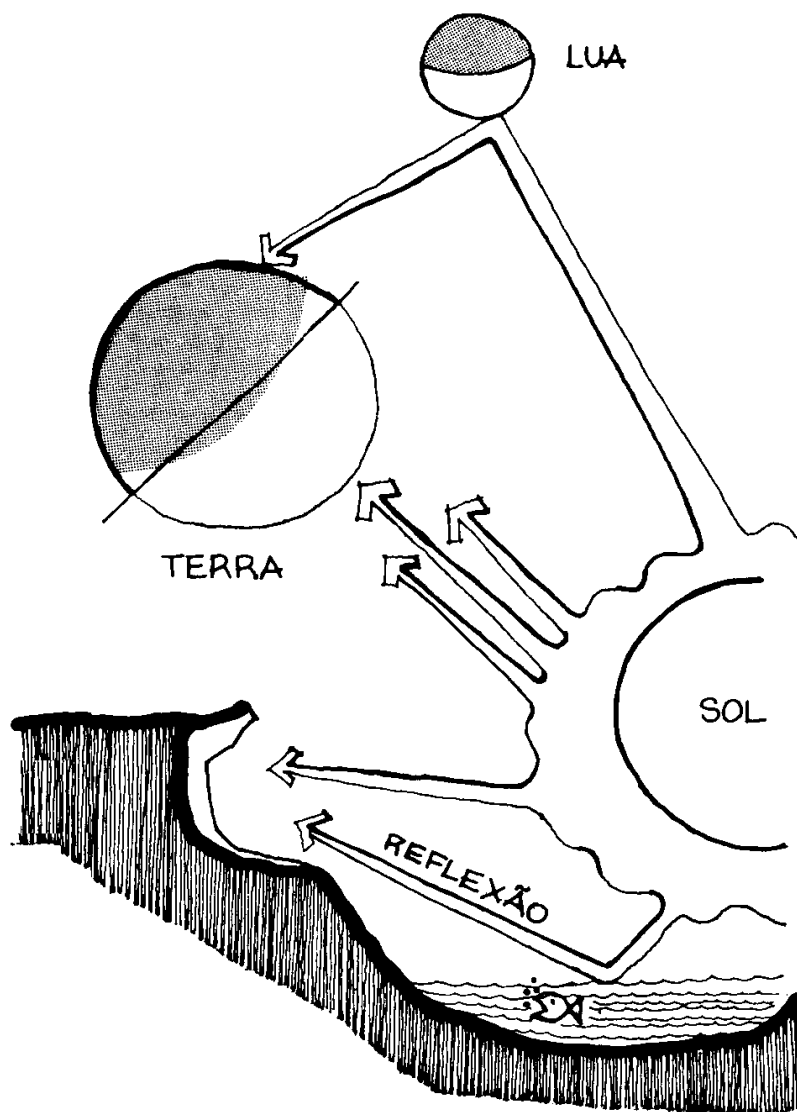



Figura 15 – Representação da luz do Sol pelo albedo. Adaptado de Wright (1978).

O dreno do solo aumenta seu albedo e diminui sua condutibilidade, tornando o clima local instável. Ao mesmo tempo, ele reduz a umidade e, consequentemente, o efeito refrescante produzido pela evaporação se perde.

Da análise do aspecto do solo construído ou modificado por ação do homem destaca-se o processo de urbanização que ao substituir por construções e ruas pavimentadas a cobertura vegetal natural, altera o equilíbrio do microambiente. isto produz distúrbios no ciclo térmico diário, devido às diferenças existentes entre a radiação solar recebida pelas superfícies construídas e a capacidade de armazenar calor dos matéria de construção. O tecido urbano absorve calor durante o dia e o reirradia durante a noite. A isto se deve acrescentar o calor produzido pelas máquinas e homens concentrados em pequenos espaços da superfície terrestre.

Tabela 1 - **Mudança média dos elementos climáticos causados pela urbanização (de Landsberg, 1970)**

Elemento	Comparação com o entorno rural
Radiação	
Global	15 a 20 % menos
Ultravioleta, inverno	30% menos
Ultravioleta, verão	5% menos
Duração de brilho do sol	5 a 15% menos
Temperatura	
Média anual	0,5 a 1ºC mais
Mínimo no inverno (média)	1 a 2ºC mais
Dias de maior calor	10% menos
Contaminante	
Partículas e núcleos de condensação	10 vezes mais
Mistura gasosas	5 a 25 vezes mais
Velocidade do vento	
Média anual	20 a 30% menos
Rajadas de vento máximo	10 a 20% menos
Calmaria	5 a 20% mais
Precipitação	
Totais	5 a 10% mais
Dias com menos de 5 mm	10% mais
Quedas de neve	5% menos
Atmosfera	
Cobertura (do sol)	5 a 10% mais
Nevoeiro, inverno	100% mais
Nevoeiro, verão	30% mais
Umidade relativa	
2% menos	
Verão	8%menos

Detwyler (1974) cita, para ilustrar estes distúrbios, os estudos comparativos realizados por Landsberg em 1970 sobre a mudança média dos elementos climáticos provocados pela urbanização.

Os resultados destes estudos são apresentados na Tabela 1, dentre os quais se chama a atenção para os índices de radiação, ventos e contaminantes , sensivelmente menores nos espaços não construídos.

Detwyler (1974) trata das alterações climáticas provocadas pela urbanização. Segundo ele, as alterações são três:

1. mudança da superfície física da terra, pela densa construção e pavimentação, fazendo com que a superfície fique impermeável, aumentando sua capacidade térmica e rugosidade e, ao mesmo tempo, alterando o movimento do ar;
2. aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo;
3. emissão de contaminantes, que aumentam as precipitações e modificam a transparência da atmosfera.

Estas três alterações resultantes da urbanização, aliadas ao fluxo material de energia, produzem um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades: o domo urbano. Este domo contém uma circulação de ar típica, fazendo com que a cidade se pareça com uma ilha quente rodeada por um entorno mais frio. Dai o efeito ser conhecido como "ilhas de calor".

Sob a ação da ilha de calor as áreas centrais urbanas ganham consideravelmente energia térmica pelos mecanismos de absorção e trocas de calor entre as massas construídas. Esse aquecimento urbano produz diferentes campos de pressão, provocando uma ventilação própria que pode alterar o movimento de ar regional.

O ar aquecido no centro das massas construídas sobe, dando origem a correntes verticais que, aliadas à nebulosidade e maiores índices de condensação, favorecem a retenção de poluentes (forma-se uma espécie de teto). Os poluentes são carregados pelas correntes verticais e logo dispersos sobre o entorno, num processo contínuo que conforma dentro de uma calota ou domo um movimento circulatório de gases (Figura 16).

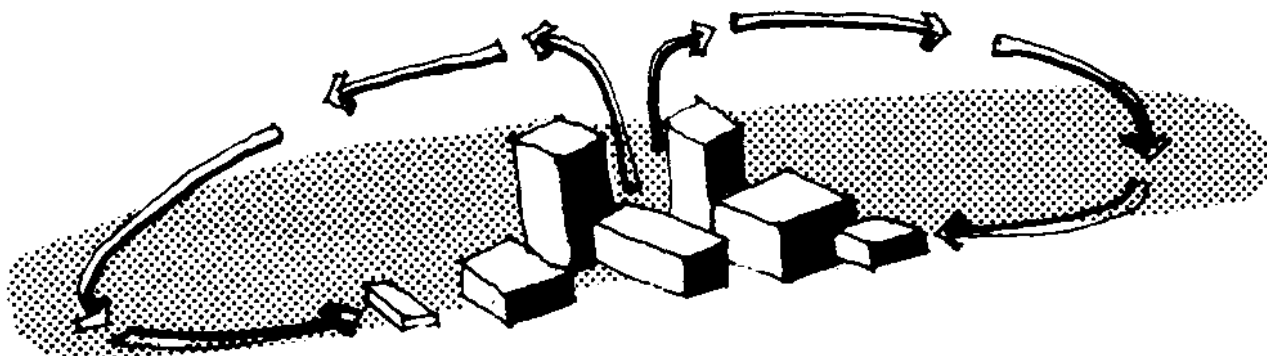



Figura 16 – Domo urbano de poeira. Adaptado de Detwyler (1974:63)..

Elementos climáticos

Os elementos climáticos são aqueles que representam os valores relativos a cada tipo de clima, ou seja, a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar.

Temperatura

O sol, como se viu, ilumina de forma desigual as várias partes da superfície da terra. Esse fato, associado aos diferentes coeficientes de absorção da radiação solar dos diferentes tipos de solos e águas da superfície da terra, ocasiona uma desigual distribuição da energia solar, cujos efeitos são o aparecimento dos movimentos de massa de ar e de águas (correntes marinhas) e as trocas de matéria e energia entre o ar, o mar e a terra (por exemplo, a evaporação da água dos mares, as chuvas etc.) (Figura 17).

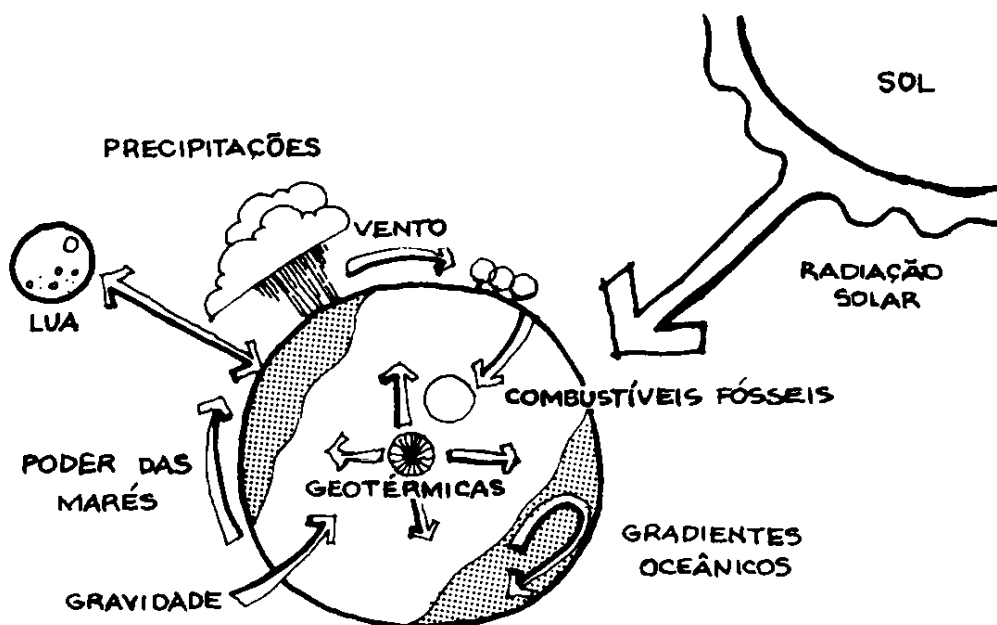



Figura 17 – A maior parte da energia da Terra provém do Sol. Adaptado de Crowther (1977:3).

Um dos resultados desse fenômeno é que tanto a temperatura nas camadas mais próximas da superfície da terra, bem como o seu perfil numa dada região estão permanentemente mudando com o tempo.

A relação entre as taxas de aquecimento e esfriamento da superfície da terra é o fator determinante da temperatura do ar. O ar próximo à superfície da terra não apresenta obstáculos à passagem da radiação solar, o que tem somente um efeito indireto na temperatura do ar, uma vez que esta depende da quantidade de calor ganho ou perdido pela superfície da terra ou outras superfícies com as quais o ar tenha estado em contato.

O ar em contato com a superfície que obteve ganhos de calor é, por sua vez, aquecido por condução; devido a este fenômeno, o calor adquirido é transferido às superiores principalmente por convecção; assim, as camadas inferiores ficam instáveis misturando-se constantemente com as camadas altas.

Verificando-se trocas de calor nas superfícies, os padrões anuais e diários da temperatura do ar também variam; por exemplo, durante a noite e durante o inverno a superfície da terra é geralmente mais fria que o ar.

A topografia de um lugar também exerce uma grande influência na temperatura do ar. Koenigsberger (1977:50) diz a respeito: "uma diferença de 7 a 8 m de altura podem produzir diferenças de 5 a 6^{0}C na temperatura do ar sob condições de calmaria". (IA.)

{©Normalmente verifica-se uma diminuição da temperatura a medida que aumenta a altura, mas pode acontecer também um fenômeno inverso, isto é, a temperatura aumenta com a altura. Isto acontece porque o calor que a terra absorveu durante o dia é reirradiado para o espaço durante a noite. O solo esfria rapidamente e sua temperatura fica inferior à das camadas de ar adjacentes. O fluxo calórico que durante o dia dava lugar a uma corrente ascendente do ar aquecido e leve, durante a noite é inverso, formando uma corrente descendente do ar para o solo.

O processo de esfriamento do solo até ficar com uma temperatura inferior à da camada de ar logo acima começa no pôr-do-sol. Essa situação segundo Orsini (1979:8), "vai-se propagando duma camada para a subseqüente noite adentro, com a camada de inversão térmica assim iniciada, ao nível do solo, se alargando, para cima, podendo até o amanhecer atingir algumas dezenas (ou talvez uma centena) de metros

Umidade do ar

O vapor d'água contido no ar origina-se da evaporação natural da água, da evapotranspiração dos vegetais e de outros processos de menor importância.

A capacidade do ar para conter vapor d'água aumenta com a temperatura. A distribuição do vapor sobre a terra não é uniforme, sendo em média maior nas zonas equatoriais e menor nos pólos, acompanhando os padrões anuais de radiação e temperatura.

A quantidade e a proporção de vapor d'água na atmosfera podem ser expressos de várias maneiras, dentre as quais temos umidade absoluta, umidade especifica, pressão de vapor e umidade relativa. A umidade absoluta expressa o peso de vapor d'água por unidade de volume de ar (g/m^{t}) e a umidade específica, o peso do vapor d'água por unidade de peso de ar (g/Kg). A pressão de vapor do ar é a parte da pressão atmosférica global que é devida ao vapor d'água (mm/Hg). Quando o ar contém todo vapor d'água se diz que o ar está saturado e que a umidade relativa é de 100%. Quando o vapor contido é menor que o conteúdo potencial na mesma temperatura a umidade relativa é menor que 100%.

A pressão de vapor e a umidade absoluta variam enormemente segundo o lugar e estão sujeitas também às mudanças das estações, sendo maiores no verão que no inverno.

A altitude produz modificações na pressão de vapor. Como explica Givoni (1976), a concentração de vapor d'água diminui à medida que aumenta a altura: o conteúdo de vapor nas camadas superiores de ar é menor que nas camadas próxima da terra.

Nas massas de terra que não contam com brisas marítimas, a pressão de vapor alcança seu mais alto nível antes da noite. então, fortes correntes convectivas surgem provocando movimentos ascendentes, e a pressão de vapor próxima do solo é reduzida (Givoni, 1976). Com o término destas correntes à tarde, a pressão de vapor começa a crescer novamente. Sobre as massas de água, e também nas épocas de chuva sobre a terra, o padrão diurno de pressão de vapor acompanha a temperatura do ar. As grandes variações anuais na pressão de vapor são encontradas em regiões sob a influência das monções*; estas recebem ar quente-úmido dos oceanos e ar seco das áreas continentais internas.

A umidade relativa varia nas diferentes horas do dia e épocas do ano, mesmo quando a pressão de vapor permanece constante. Isto é devido às mudanças diurnas e anuais na temperatura do ar, que determinam a capacidade potencial do ar em conter determinada quantidade de vapor d'água.

Nas regiões em que são grandes as variações diárias de temperatura (regiões secas e semi-secas), encontram-se tarnbém grandes variações na umidade relativa e valores muito baixo5 no inicio da tarde, quando a temperatura está alta, e valores mais altos à noite, podendo o ar ficar saturado, mesmo quando a pressão de vapor for baixa, especialmente quando a temperatura do ar cai muito.

Em função das estações, a umidade absoluta do ar(quantidade de vapor de água/volume) diminui, em geral, na estação fria e aumenta na estação quente.

Ao contrário, a umidade relativa do ar diminui com o aumento de temperatura, visto que, para o ar quente, o ponto de saturação é mais alto, isto é, a tensão máxima de vapor é maior

Gomes (1980:17) mostra exemplos onde esta inversão do sentido de variação das umidades absoluta e relativa do ar é evidenciada: "a umidade (sic) absoluta no Saara é de 2 a 3 vezes superiores à do ártico; mas a umidade relativa é ali apenas de 20 a 30% contra os 75 a 90%, que é corrente constatar nas regiões árticas. A ausência de precipitações nos desertos não resulta assim de carência de umidade mas sim de ser reduzida a tensão de vapor de água existente relativamente à tensão máxima"

Outro exemplo que se pode citar se refere a Brasília: nesta cidade, na época da seca, a umidade absoluta permanece mais ou menos constante para um mesmo dia, enquanto a umidade relativa varia muito (pode ir de 30% às 13 h até 90% às 5 h).

Precipitações

A evaporação das águas de superfície leva à formação de nuvens que redistribuem a água na forma de chuva ou outras precipitações; esta água flui através de córregos, rios e outros e volta para o oceano, completando o ciclo hidrológico (Figura 18).

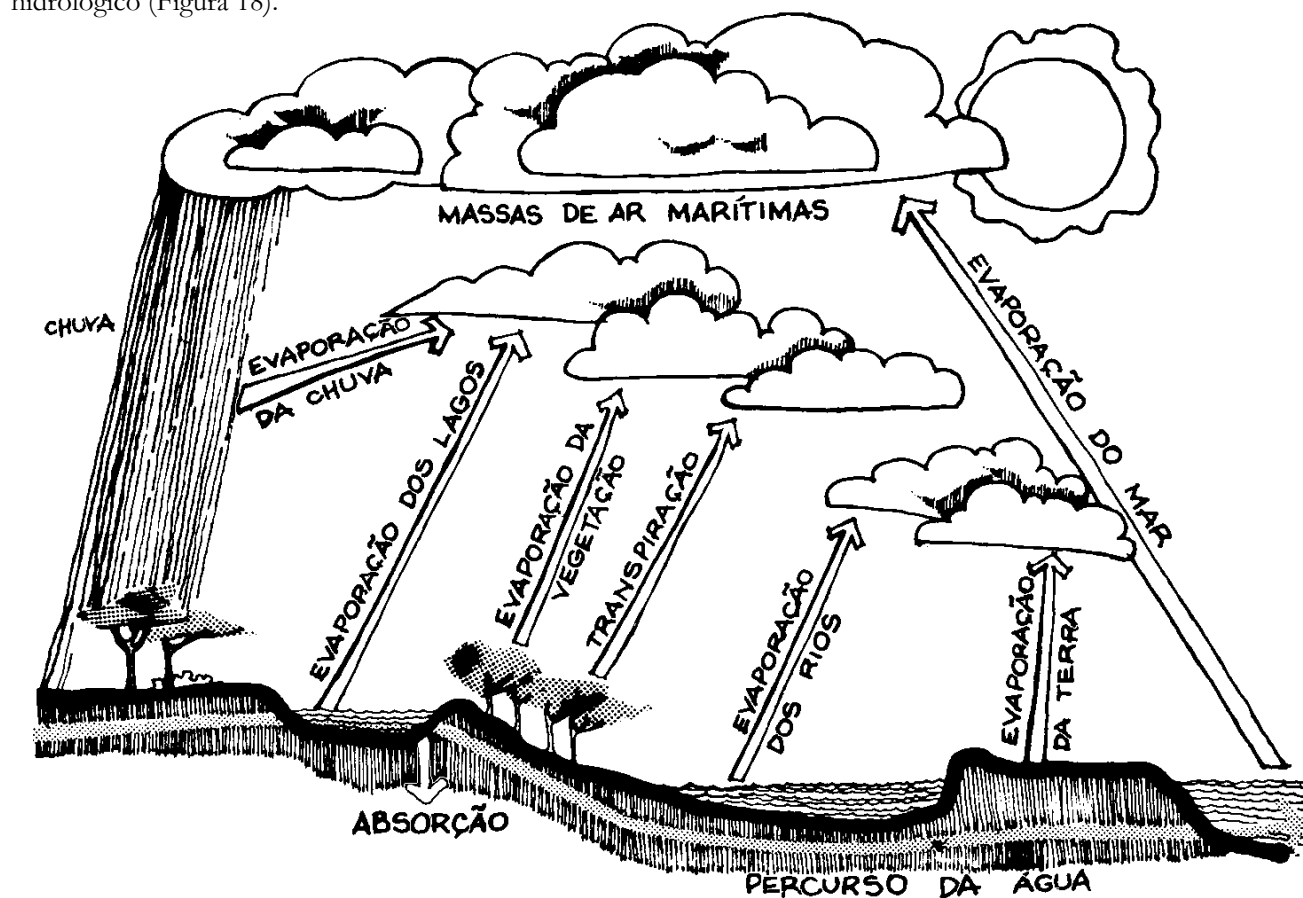



Figura 18 – Ciclo hidrológico. Fonte: Crowther (1977).

A restituição da água evaporada para a atmosfera à terra ocorre sob formas diversas, seja pelas condensações superficiais - orvalho, geada -, seja pelas precipitações sob forma líquida - chuvas, ou mais ou menos sólidas, neve, granizo, quantitativamente mais significativas e que podem ser mensuráveis.

As precipitações se dão a partir da condensação do vapor d'água na atmosfera, na forma de nuvens. A altura das superfícies oceânicas permanece quase que sem alteração de ano para ano. A evaporação dos mares, portanto, deve-se igualar à precipitação que sobre eles cai somada à vazão dos rios que neles deságuam.

A precipitação é mais alta perto da depressão equatorial; rios subtrópicos, a precipitação, em ambos os hemisférios, é praticamente igual. Em direção ao pólo, a precipitação atinge máximos secundários ao longo da rota dos ciclones nas faixas dos ventos polares do oeste. Assim, segundo Riehl (1965), a precipitação mundial não está concentrada nos trópicos de modo tão preponderante como se poderia supor.

A porcentagem de precipitação que o solo retém é muito menor nos trópicos e nas latitudes médias durante o verão.

A chuva evapora sem ter tido oportunidade de penetrar no solo.

A evaporação aumenta rapidamente com a temperatura e a velocidade do vento, em especial à tarde quando a nebulosidade é intermitente e o sol brilha logo após a chuva.

O esfriamento do ar por contato com superfícies frias, por mistura com ar frio e por expansão associada com a elevação das correntes de ar resulta em formações de orvalho e névoa e precipitações em grande escala.

A névoa é mais densa e mais prevalecente nos vales e depressões topográficas onde o ar frio e pesado tende a juntar-se. Freqüentemente acontece nas regiões costeiras onde o vento marinho coloca maior quantidade de ar em contato com a superfície mais fria da terra (Figura 19).

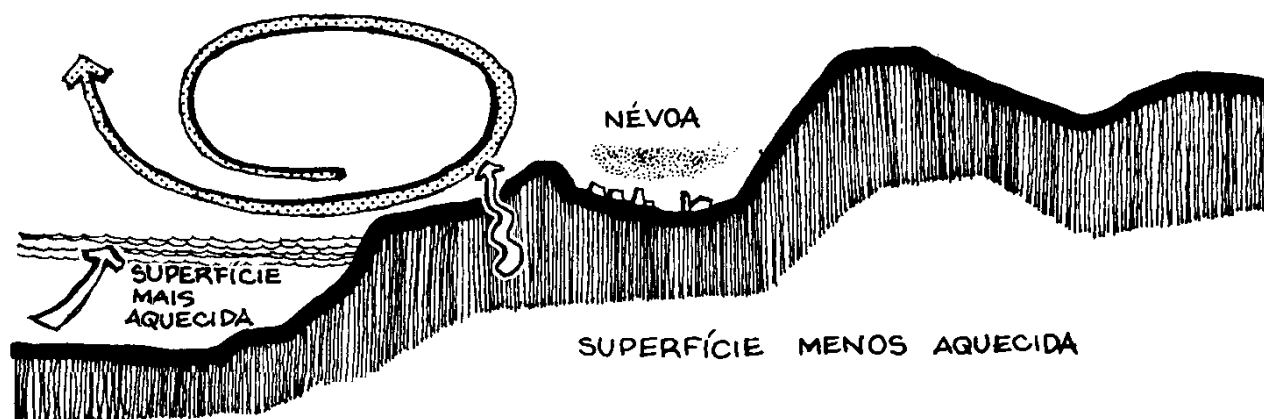



Figura 19 – Névoa prevalecente nas depressões.

Quando a massa de ar esfriada pela expansão eventualmente alcança seu ponto de orvalho, acontece, então, uma condensação em grande escala, formando nuvens compostas de inumeráveis gotas de água e, às vezes, de alguns cristais de gelo.

Pesadas gotas começam a se formar à medida que o ar continua a subir; se na descida verifica-se uma grande oposição à perda por evaporação, a precipitação ocorre.

As massas de ar, quando são impulsionadas a subir, produzem três tipos de precipitações (Givoni, 1976): convencional, orográfica e convergente.

A precipitação convencional começa a partir das massas carregadas de umidade ascendentes que foram aquecidas pelo contato com superfícies quentes. O calor latente liberado quando começa a condensação reduz a taxa de esfriamento com velocidade ascendente. Esta precipitação acontece principalmente nas zonas tropicais, durante as tardes das estações quentes. Também pode ser provocada pelas massas de ar de origem marítima, levadas pelo vento para a terra, que fica mais aquecida durante o dia que as superfícies do mar.

A chuva convencional usualmente se precipita em pesados chuviscos de curta duração.

A precipitação orográfica se origina em massas de ar que foram impulsionadas a elevar-se sobre as declividades das montanhas pelo gradiente de pressão. A precipitação é maior no barlavento da montanha e diminui na declividade aposta, a partir da cumeeira, afetando desta forma a vegetação do lugar. Assim, uma cumeeira pode delimitar a divisão entre diferentes tipos de clima.

A precipitação convergente acontece quando a elevação das massas de ar se dirige para as zonas de baixa pressão ou frentes: numa frente tropical, duas correntes de ar convergente têm características similares, e sua ascensão simultânea e rápida dá origem ao aguaceiro.

O movimento do ar é resultado das diferenças de pressão atmosférica verificadas pela influência direta da temperatura do ar.

Gomes (1960:5) assinala que o "... complexo jogo de temperaturas, pressões, inércia de movimento, mesmo assim inteligível em condições ideais duma terra cuja superfície fosse lisa e de constituição uniforme, traduz-se, como se refere, em movimentos de massas de ar que forçosamente se interferem e desordenam mutuamente..."

O ar se movimenta horizontal e verticalmente. O movimento horizontal é originário das diferenças térmicas num sentido global do planeta e num sentido local das diferenças de temperatura em terra firme: vale/montanha, cidade/campo.

O deslocamento vertical se dá dentro da troposfera (camada inferior da atmosfera) em função do perfil de temperatura que se processa. O ar quente que sobe na faixa do equador caminha para os pólos, resfria-se e tende a descer. Segundo Comes (1980:5), "parte deste ar reflui, junto à superfície da terra, para o Equador; e tendo-se aquecido volta a subir".

Dos fatores locais que intervêm na formação do movimento do ar, o relevo do solo exerce um papel importante, uma vez que desvia, altera, ou canaliza este movimento. O movimento do ar como qualquer outro corpo em movimento tem inércia uma vez em movimento tende a continuar na mesma direção até ser desviado por algum obstáculo. Segundo Villas Boas (1983:13), "a fricção produzida pelo ar em movimento, quando em contato com obstáculos, faz com que sua velocidade de deslocamento inicial seja reduzida, devido à perda de energia no atrito, e seu modelo de circulação seja alterado. E o--que acontece com o fluxo de ar, ou vento que, nas camadas mais baixas da atmosfera, tem sua velocidade reduzida devido ao atrito com o solo. Neste caso, quanto mais rugoso é o solo maior o atrito e menor a velocidade do ar próxima à superfície" Como diz Koenigsberger (1977), se a superfície do solo é irregular, o aumento de velocidade com a altura é muito maior do que se esta fosse constituída por uma superfície contínua e lisa. Estes fenômenos se verificam num espaço chamado camada-limite da atmosfera.

Tem-se então que a altura da camada-limite aumenta com o incremento da rugosidade do solo e as velocidades do ar aumentam com a altitude, até a camada-limite, a partir da qual permanecem mais ou menos constantes (Figura 20).

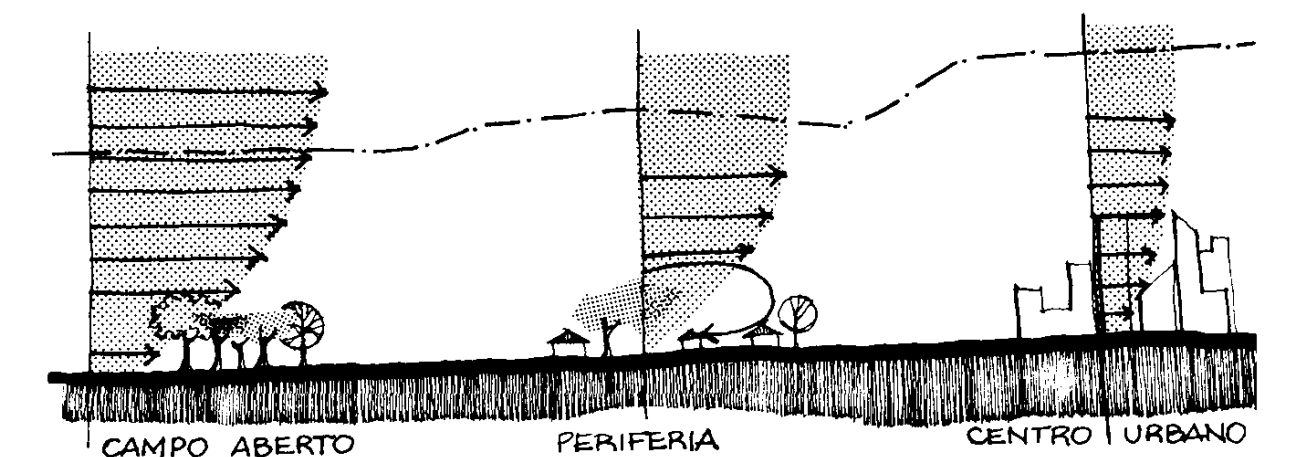



Figura 20 – Definição da camada-limite. Adaptado de Izard/Guyot (1980:29).

Segundo Koenigsberger (1977), a altura da camada-limite da atmosfera varia de 100 a 274 m em campo aberto, de 100 a 396 m na periferia e de 100 a 518 m no centro urbano (1977:53)

Dos dados meteorológicos, o vento é o mais variável, tanto no curso do dia, como de um dia para outro.

As turbulências e as rajadas de vento são mais pronunciada: durante o meio-dia, quando a estratificação do ar é mínima e são menores durante a noite, quando a estabilidade do ar tende a reprimir o deslocamento vertical do fluxo do ar. Pele mesma razão, os ventos perto da superfície tendem a ser mais fortes durante a tarde que à noite.

Classificação dos climas

Nos itens anteriores foram apresentados os fatores climático globais (radiação, latitude, longitude, altitudes, ventos e as massas de água e terra), os fatores climáticos locais (topografia vegetação, superfície do solo) e os elementos climáticos (temperatura, umidade, precipitações e movimentos do ar), quer dizer, aqueles fatores que condicionam, determinam e dão origem ao clima nos seus aspectos macro (ou mais gerais e nos seus aspectos micro (ou que se verificam num ponto restrito) e aqueles elementos que representam os valores relativos a cada tipo de clima, respectivamente.

Os elementos e fatores atuam em conjunto, sendo que cada um deles é o resultado da conjugação dos demais; por este motivo, uma classificação geral ou uma tipificação não é tarefa fácil nem é facilmente aceita pelos diversos autores que tratam da compreensão do clima.

Ferreira (1965) e Gomes (1980) assinalam a dificuldade prática das classificações, uma vez que elas não atendem nem às necessidades específicas dos pesquisadores nem a objetivos diversos, como, por exemplo, de navegação, de cultivos, de assentamentos humanos etc.

As classificações de Thornthwaite, De Martone e Kõppen, tradicionais e universalmente aceitas, segundo Ferreira (1965) apresentam-se muito gerais.

Segundo Gomes (1980:22), "a classificação por zonas térmicas de Kõppen já distingue mais seletivamente diversas regiões do globo, tendo sumariamente em conta certas condições orográficas e de cobertura vegetal".

Tabela 2 - Classificações gerais de clima

Conforme a	*Tipos de clima*
média anual da temperatura do ar	quente (acima de 20ºc) temperado (acima de 10ºc) frio (entre 10 a 0ºc) glacial (abaixo de 0º
variação de amplitude da temperatura média do ar	continental (acima de 20ºc) moderado ou oceânico (entre 20 e 10ºc) (ou inferior a 10c)
média anual da umidade relativa do ar	muito seco (abaixo de 55%) seco (entre 55 e 75% úmido (entre 75 a 90%) muito úmido (acima de 90%)
média anual de precipitação	desértico (inferior a 125mm) árido (entre 125 e 250 mm) semi-árido (entre 250 e 500 mm) moderadamente chuvoso 9entre 500 e 1.00 mm) chuvoso (entre 1.00 e 2.000 mm) excessivamente chuvoso (superior a 2.000 mm)

Porém, segundo o mesmo autor, a classificação de Kõppen não poderia ser considerada, de fato, classificação climática, já que "não evidencia as influências doutros elementos climáticos, além da temperatura do ar".

Ainda segundo Gomes (1980), existem as classificações gerais sob critérios convencionais e parciais, mostradas esquematicamente na Tabela 2.

Para atender aos objetivos desta dissertação, interessa uma classificação que demonstre as principais características do clima que se verifica nos espaços construídos nas cidades e no seu entorno imediato.

Portanto, adotou-se a classificação realizada por Ferreira (1965) de três tipos principais de climas em função da construção encontrados na região tropical: o clima quente-seco, o clima quente-úmido e o clima mais ameno dos planaltos.

Tabela 3 - Caracterização dos climas tropicais

Quente-úmido	*Quente-seco*	*Tropical de altitude*
Pequenas variações de temperatura durante o dia. Amplitude das variações diurnas fracas. Dias quentes e úmidos. À noite, a temperatura é mais amena e com umidade elevada.	Grandes amplitudes de temperatura durante o dia (15ºC). No período seco, durante o dia as máximas alcançam valores extremos, enquanto à noite decrescem as temperaturas, alcançando valores mínimos pela madrugada.	As amplitudes diárias podem alcançar valores apreciáveis. Desconforto pela temperatura elevada do dia, minorado à noite; a temperatura pode baixar aquém dos limites de conforto.
Duas estações: verão e inverno, com pequena variação de temperatura entre elas; o período das chuvas é indefinido com maiores precipitações no verão.	Duas estações: uma seca e outra de chuva. No período de chuva estas não alcançam os valores de umidade característicos das regiões tropicais úmidas.	Duas estações: quente-úmida, que se inicia no verão, e a seca no inverno. Temperatura média entre 19 e 26ºC durante o dia, caindo à noite. Forte perda por radiação noturna no período seco.
Radiação difusa muito intensa. O conteúdo de vapor d'água das nuvens evita a radiação direta intensa.	Pouca radiação difusa em virtude de umidade baixa . Radiação direta intensa.	Radiação difusa intensa no verão e menor no inverno. Radiação direta acentuada no verão, mais forte que igual latitude ao nível do mar.
Alto teor de umidade relativa do ar.	Baixo teor de umidade relativa do ar.	Pelo teor de umidade é considerado seco (aprox. 70%) ver Tabela 2.
Localização geográfica: entre os trópicos de Câncer (23º 27' N) e Capricórnio (23º 27' S).	Localização geográfica: entre os trópicos de Câncer (23º 27'N) e Capricórnio (23º 27' S).	Localização geográfica: este clima se dá predominantemente entre 400 e 1.200 m de altitude, entre 14 e 16º latitude Sul.
Vento fraco, direção dominante sudeste..	Massa de ar quente conduzindo partículas de pó em suspensão nos seus deslocamentos no período seco.	Ventos sudestes e lestes no inverno seco e noroeste no verão chuvoso.
Semelhança sensível dos dados climáticos de uma localidade para outra.	Diferenças marcadas quanto aos dados climáticos de uma localidade para outra.	

As características principais destes três tipos de clima são apresentadas na Tabela 3, em parte, elaborada a partir de um quadro montado dentro do estágio docente de mestrado realizado juntamente com Paulo M.P. de Oliveira.

Sumário e conclusões

Este capitulo teve por objetivo a classificação e exame sistemáticos dos fatores climáticos globais e locais, que dão origem ao clima, dos elementos climáticos, que definem o clima, e das principais características que determinam os climas tropicais, segundo o ponto de vista construtivo dos assentamentos.

Tal sistematização foi importante porque reuniu informações necessárias à elaboração de princípios para a atuação no meio que integrem considerações climáticas ao desenho do espaço e às edificações. Foi, por estas razões, um capitulo de natureza técnico-informativa, em que, além do exame de vários fatores e elementos climáticos isoladamente, apresentou-se graficamente as informações pertinentes, salientando aqueles fenômenos que mais influenciam a percepção térmica do homem.

Assim, por exemplo, na seção *Fatores climáticos globais* e *Fatores climáticos locais,* na análise de fatores climáticos (radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e massas de água e terra numa escala global, e topografia, vegetação e superfície do solo natural e construído numa escala local), foi dado destaque à radiação solar, por ser ela responsável pela vida na terra e pela distribuição de temperatura na superfície terrestre, condicionando, portanto, todos os outros fatores.

Procurou-se, ao longo da discussão de fatores climáticos, mostrar como a interação entre eles determina o tipo de clima que é identificado pelos elementos climáticos (temperatura, umidade do ar, precipitações e movimento do ar), analisado na seção *Elementos climáticos.* Identificaram-se, assim, três tipos de climas tropicais (quente-seco, quente-úmido e tropical de altitude), destacando neles os elementos que mais influenciam o homem e seu abrigo.

Este capítulo, então, constituiu o cenário em que devem ser interpretadas as informações do capitulo a seguir, onde será analisado, na primeira parte, como as variáveis térmicas atuam sobre a percepção térmica do homem, e quais os processos de trocas térmicas que ocorrem entre o homem e o meio para o estabelecimento de seu equilíbrio térmico. Também será analisado o abrigo, a partir de uma série de exemplos da produção cultural do homem.

2. Equilíbrio Térmico Entre o Homem e o Ambiente

Marta Adriano B. Romero

Foram analisados no capítulo anterior os elementos e fatores do clima que condicionam o ambiente em que o homem desenvolve suas atividades.

Neste processo o homem não é um elemento passivo; o corpo humano realiza processos de trocas térmicas com o meio para estabelecer um adequado equilíbrio; ele realiza também abrigos como resposta para aquelas manifestações climáticas que seu organismo não está preparado para controlar.

Será analisado, portanto, o efeito das variáveis do meio que atuam sobre a percepção térmica do homem e os processos de trocas térmicas que ocorrem entre o homem e o meio para o estabelecimento de seu equilíbrio térmico.

Serão mostrados também os abrigos realizados pelo homem neste seu permanente processo de adequação ao meio Os exemplos foram selecionados a partir de aspectos culturais e de aspectos de adaptação térmica.

O Homem e o Ambiente

Os elementos do clima, em especial a temperatura, a radiação a umidade e o movimento do ar, atuam sobre a percepção térmica do homem.

O homem utiliza dois mecanismos de regulação térmica para responder às exigências externas: um de caráter fisiológico (suor, variações do fluxo sangüíneo que percorre a pele, batidas cardíacas, dilatação dos vasos, contração dos músculos, arrepio e ereção dos pêlos) e outro de caráter comportamental (sono, prostração, redução da capacidade de trabalho).

No estabelecimento de seu equilíbrio térmico com o meio, ocorrem diversos processos de trocas térmicas, quais seja troca por radiação, troca por condução, troca por convecção e troca por evaporação, de forma a manter a temperatura interna do corpo em torno de 37^{0}C aproximadamente.

Na Figura 21, original, de EDHOL'M, apresentado por Guyton (1977), pode-se ver que o homem é capaz de ganhar ou perder calor para o meio pelos processos de radiação, condução e convecção, dependendo das condições higrotérmicas deste meio. A figura mostra ainda, à esquerda, os processos de ganho de calor (essencialmente metabolismo e atividade) e, à direita, os processos de perda de calor (essencialmente evaporação).

Devendo o homem perder para o meio ambiente, na unidade de tempo, uma quantidade certa de calor, em função da atividade que está exercendo, e dadas as condições ambientais que ora propiciam uma dissipação maior, ora uma menor do que a quantidade que está sendo produzida, torna-se necessária a existência de meios de controle que façam com que a dissipação se processe de maneira regular com a conseqüente variação nas condições do meio (Toledo, 1973:2).

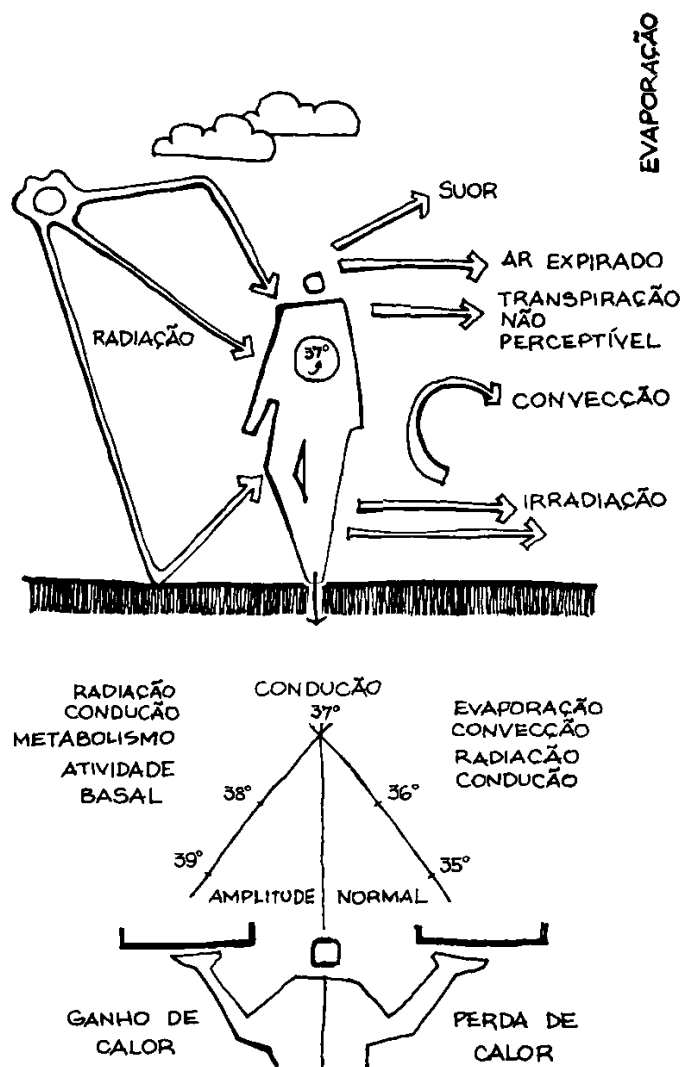



Figura 1 – Composição da Radiação Solar: percentagens de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimento de onda. Fonte: Crowther (1977:43)

Tabela 4 - Síntese dos processos de troca e das variáveis do meio

Processo de troca	*Variáveis do meio*	*Observações*
Condução	Temperatura das superfícies	Está em função também do coeficiente de contato b $b = \sqrt{\grave{a}\, p\, c}$ $\grave{a}$ = condutibilidade térmica p = massa específica c = calor específico
Convecção	Temperatura do ar Velocidade do ar	A troca por convecção pode ser calculada pela seguinte fórmula (Balding, citado por Givoni, 1969). $C = 1{,}0V^{0{,}6}(ta - 35)$ C- em Kcal /h/homem V – vel. do ar m/Seg. Ta – temperatura do ar, ºC 35 – temperatura externa do corpo Para ta 35. há perda do calor. Para ta 35. há ganho de calor. Para indivíduo com roupa leve. $C = 0.33V^{0{,}6(ta-35)}$
Radiação	Temperatura radiante média (TRM) no ponto médico onde se situa o indivíduo (efeito da radiação direta e difusa do sol e de radiação dos objetos e superfícies aquecidos	A perda ou ganho por radiação varia em proporção direta com a diferença entre as quartas potências de temperatura da superfície corporal e da temperatura média do ambiente. TOLEDO (1973) sugere a fórmula seguinte (pág. 21) $\frac{Qr}{Qr} = Sr.e.\left[\left(\frac{Tc^4}{100}\right) - \left(\frac{Tr}{100}\right)\right] emKal/h$ Qr – Kal/h Sr- superfície do corpo exposta ($\pm 1.5m^2$) Tc – temperatura do corpo ('K) Tr – temperatura radiante média ('K) Givoni e Barner-Nir (Givoni, 1969) dão a seguinte fórmula para o cálculo da troca de calor por RADIAÇÃO e por CONVECÇÃO conjuntamente, por ser difícil separar um processo do outro. $D = aV^{0{,}3(ta-35)}$ D - Kal/h/homem (combinad dry heat exchange) V – velocidade do ar, m/Seg. ta – temperatura do ar, ºC a - = 15,8 por pessoa seminuas = 13,0 por roupa leve de verão = 11,6 por uniforme industrial ou militar
Evaporação	Pressão do vapor ar Velocidade do ar	A seguinte fórmula é sugerida por Givoni e Barner-Nir (citados por Givoni, 1969). Emax – $pV^{0.3(42-Vpa)}$ Emax – capacidade máxima de evaporação de suor por pessoas e por horas em gramas. V – velocidade do ar m/Seg. Vpa (ou Pva) a pressão do vapor do ar. mm/hg P - = 31,6 por indivíduo seminu = 20,5 por roupa leve de verão = 13,0 por uniforme militar ou individual 42- pressão de vapor (mm/hg) da pele e da roupa, admitindo a

		35ºC A Perda de calor por evaporação é limitada

Ainda segundo Toledo, existem três meios de controle: o sistema termo-regulador do organismo, o uso adequado de vestimenta e a criação de um invólucro, o edifício. Para que isso aconteça, "as cidades devem ser projetadas visando à possível utilização, por todos os edifícios, dos fatores climáticos que podem concorrer para o conforto térmico".

A quantidade de calor que é produzida pelo organismo, em um dado ambiente, depende principalmente do tipo e intensidade da atividade e da estrutura do indivíduo e, em menor escala, da idade, do sexo e da adaptação ao clima da região.

É importante conhecer os processos de troca térmica para se saber quais as variáveis do meio que estão em jogo e, através deste conhecimento, proceder ao controle do mesmo.

Villas Boas (1983) faz uma síntese dos processos de troca, das variáveis do meio que intervêm e das equações que explicam estas variáveis.

É necessário conhecer como as variáveis do meio (temperatura, radiação, umidade e movimento do ar) atuam sobre a percepção térmica do homem. Para se fazer um estudo quantitativo da influência no homem das condições térmicas de um ambiente é preciso medir as variáveis do ambiente, medir a reação

humana à ação destas variáveis e expressar a relação entre causa e efeito com o emprego de um único valor numérico, quando possível. Seguindo estas diretrizes foram elaborados os índices ou escalas de conforto térmico que, até o presente, já ultrapassam a casa das quatro dezenas (Toledo, 1973:32).

Villas Boas (1983) faz uma análise de alguns destes modelos ou índices, que são sintetizados a seguir:

{©- O diagrama de conforto térmico desenvolvido por Victor Olgyay desde 1952, quando apresentou o enfoque bioclimático em arquitetura no seminário Housing and Building in Hot-Humid and Hot-Dry Climates (BRAB conference report nº 5). Neste diagrama, chamado de Carta Bioclimática *(Bioclimatic Chart),* o autor combina temperatura do ar e umidade, definindo zonas de conforto com base em estudos biometeorológicos anteriores, mostrando como estas zonas podem se modificar na presença de ventilação e da radiação solar, ou de outra fonte térmica (para maiores detalhes ver em lzard et ali, 1980, p. 13-16), Koenigsberger et ali (1977, p. 67-68), Faria (p. 16-17, incluído no ME-4) e Olgyay (1968, p. 24-40 e p. 126-130).

- A Carta Bioclimática *(Building Bioclimatic Chart)* desenvolvida por Givoni, em Israel, a partir de seu índice de tensão térmica *(Index of Termal Stressj,* combinando temperatura seca do ar, temperatura úmida e ventilação, definindo, como o anterior, zonas de conforto térmico em função dos valores que assumam aqueles elementos do clima. Não faz parte de seu modelo a radiação, fazendo com que sua aplicação prática se restrinja à avaliação de ambiente à sombra. (Ver detalhes em lzard et alii (1980, p. 16-17) e em Givoni 1969, p. 285-290).

- Os diagramas de conforto térmico desenvolvidos por Fanger, especialmente para os propósitos da engenharia ambiental (controle mecânico). Estes diagramas, derivados das equações de conforto, desenvolvidas a partir das respostas às variações do meio, usando indivíduos americanos como amostra, combinam a. temperatura seca do ar e temperatura úmida, tendo a velocidade do ar como parâmetro de conforto; b. temperatura ambiente (seca) e umidade relativa, tendo a atividade como parâmetro; c. temperatura ambiente e temperatura média, tendo a velocidade do ar como parâmetro. Nestes modelos, muitas formas diferentes de roupas e atividades são levadas em conta ao se definirem os diagramas. (Detalhes em Fanger, 1970.)

- Zona de conforto térmico proposta por Vogt e Miller-Chagas, com base em vários estudos, dentre eles os de Fanger e Civoni e a partir de algumas condições básicas que devem ser seguidas para o estabelecimento das condições de conforto. (Detalhes em lzard et alii, 1980, p. 17-19.)

- Diagramas de Temperatura Efetiva, criados por Houghton e Yaglou, em 1923, junto à American Society of Heating and Ventilation Engineers-ASHVE, a partir das condições de conforto térmico definidas na carta psicométrica combinando temperatura, umidade e movimento do ar. Estes diagramas foram se aperfeiçoando. Hoje em dia são substituídos pelo diagrama de Temperatura Efetiva Corrigida, que inclui, na escala de leitura, o efeito da radiação, englobando assim todos os elementos do clima relacionados com a percepção térmica. (Detalhes em Faria, p. 15, 16 e 18, incluído no ME-4, e Koenigsberger et alii 1977, p. 64, 65, 66 e 69 a 79.)

Ainda, segundo Villas Boas (1983), citando Sargent et alii (1964) e Landsberg(1 972), há, no entanto, uma série de limitações desses modelos, ou índices (e de outros), ao tentar descrever, ou modelar. as interações do organismo humano e do meio ambiente.[1]

Landsberg (1972) diz que, embora haja restrições sobre soluções exatas para descrever estas interações, tais tentativas podem ser úteis se as pessoas estão cientes das limitações dos modelos, limitações que, de fato, restringem sua aplicação generalizada. Segundo o autor, entre estas limitações estão as dificuldades em se modelar o clima e o tempo realisticamente e em se descreverem as reações humanas efetivas, com o homem desenvolvendo atividades no mundo real.

Parece, assim, que o uso destes modelos para regiões geográficas e para situações outras que não aquelas para as quais eles foram construídos é um procedimento não científico e até sem uma praticidade convincente. No entanto, vários destes modelos, ou índices, desenvolvidos a partir de indivíduos americanos bem nutridos, têm servido de base para a avaliação das condições de conforto em muitas regiões da terra e mesmo no Brasil.

Modelos adequados às regiões tropicais precisam ser desenvolvidos para que se tenha uma base de informação o mais próximo possível da realidade, modelos estes que devem levar em conta, além das variáveis do meio, as variáveis do indivíduo adaptado à sua região, que são influenciadas pelos usos e costumes da população.

Os modelos de conforto térmico, adequadamente desenvolvidos, são um instrumento importante para o estudo das técnicas de controle do ambiente, uma vez que permitem a identificação daquelas variáveis do meio que devem ser modificadas e/ou aproveitadas para se conseguirem as condições de conforto desejadas, a partir do próprio projeto de arquitetura.

Os modelos sintetizados por Olgvay ilustram os fatores que podem alterar uma zona de conforto sem que se verifiquem alterações na temperatura ou umidade do ar (Condições climáticas dadas.) (Figura 22).

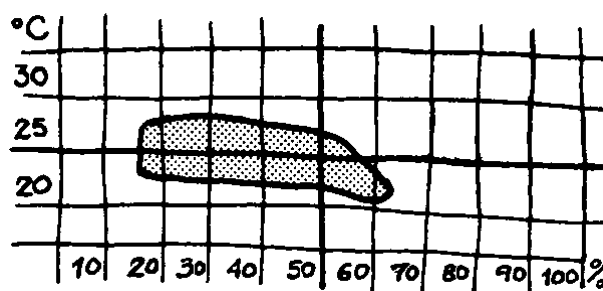



Figura 22 Zona de conforto.

Diagrama Bioclimático

Segundo o exemplo, a zona de conforto de um homem em repouso na sombra se altera quando se verifica movimento do ar ou quando ele se exercita ou permanece ao sol (Figura 23).

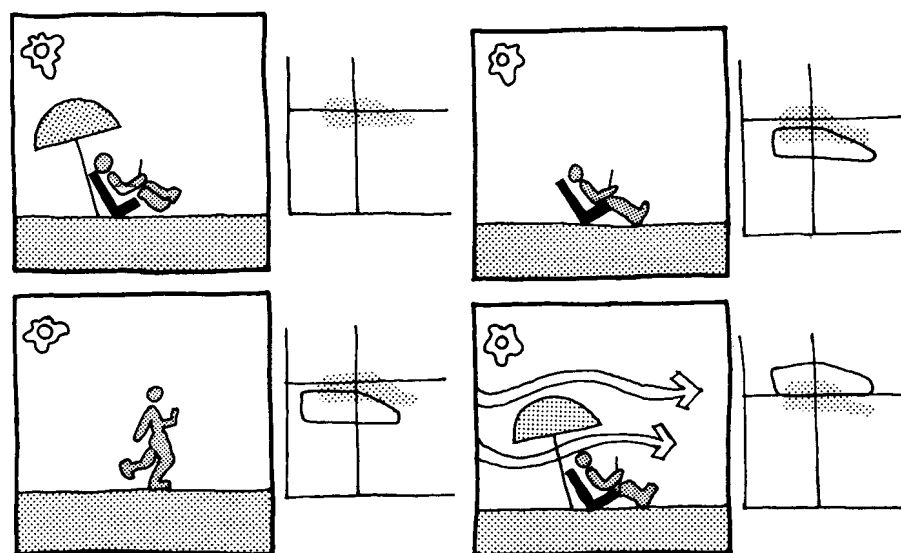



Figura 23 - Fatores que alteram uma zona de conforto. Adaptado de Hud (1977).

[1] Referência: Givoni, B. Man climate ando architecture, 1969, e Toledo E. Notas de Aula, UnB, 1973. Preparado por M. Vilas Boas . Mod. 04.

Estes modelos, em síntese, mostram que, quando as condições higrotérmicas (temperatura mais umidade) provocam uma tensão positiva (calor), o movimento do ar em torno do corpos das pessoas modifica o índice de conforto alcançado (Figura 24).

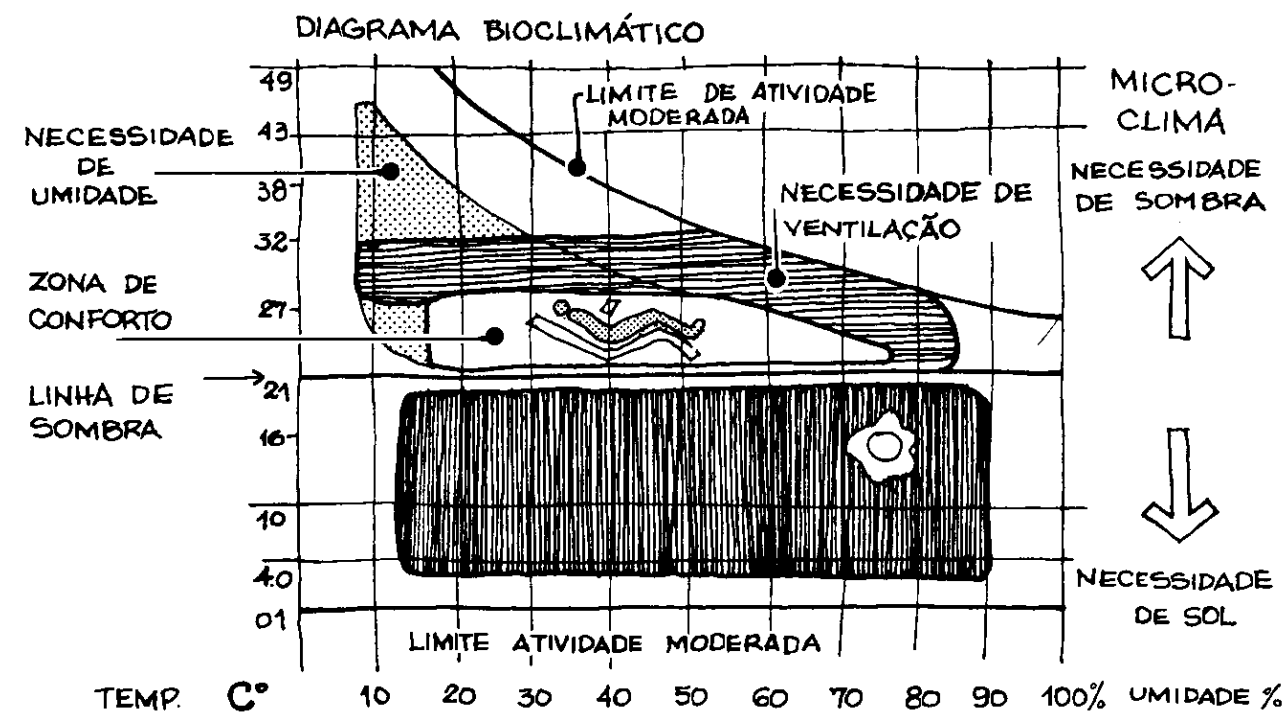



Figura 24 - Diagrama Bioclimático de Olgyay. Fonte: Fonseca (1982).

O abrigo e o ambiente

No item anterior foi analisado o efeito das variáveis do meio em especial os elementos climáticos (temperatura, radiação, umidade e movimento do vento), sobre a percepção térmica fisiológica e comportamental do homem. Foram analisados também os processos de trocas térmicas (por condução, convecção e evaporação) que ocorrem entre o homem e o meio para o estabelecimento de seu equilíbrio térmico. Os processos de troca, das variáveis do meio, e das equações que explicam estas variáveis, bem como os inumeráveis modelos que tentam simular as reações humanas e as condições térmicas de um ambiente que foram apresentados esquematicamente

Após a análise da percepção térmica do meio, será analisado abrigo que também influencia o equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente.

O abrigo será visto a partir de uma série de exemplos da produção cultural do homem.

Procurar-se-ão exemplos de produções culturais adaptadas ao meio que se beneficiam do emprego adequado dos materiais locais e que estabeleçam urna relação única entre a paisagem e a forma construída.

Misturam-se nesta apresentação produtos vernáculos e produtos das soluções encontradas pe!os arquitetos de hoje selecionados pela riqueza que demonstram, seja na adequação ao lugar, seja no significado do realizado.

Esta seleção não obedece a critérios históricos, sociológicos ou outros; apenas obedece à necessidade de levantar aspecto significativos do equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente

Apresentam se os abrigos dos *pueblos,* os da província Honnar os da cidade islâmica, e os dos Yagua, desenvolvidos no Sudeste dos Estados Unidos, na China, no Egito e lraque e no Amazonas, respectivamente. As soluções encontradas por estes abrigos em regiões de climas tropicais quente-seco e quente-úmido procuram reduzir a amplitude das variações do local do assentamento.

Orientados por esta mesma finalidade, alguns arquitetos realizam hoje produtos que controlam o sol, o vento etc. e se adaptam ao meio no qual estão inseridos, inspirados muita vezes pelos abrigos vernácu los antes mencionados. Entre este destacamos a residência Sea Ranch, a cidade de Gourma, á residências do Amazonas, realizadas por David Wright, Hassar Fathy, Severiano Porto, respectivamente localizadas em regiões de clima tropical quente-seco e quente-úmido.

Destacam-se também as preocupações ambientais (a nível de regulamentos e outros) que demonstram tanto as cidades coloniais espanholas que remontam a Vitrúvio e as Leis das Índias, quanto as cidades latinas em geral: romanas, renascentistas, medievais. Especial ênfase foi dada ao traçado medieval que evidenciava uma mediação cotidiana do homem com o espaço construído, também encontrado no arquiteto Steve Baer e nas residências por ele realizadas.

Finalmente destacam-se os estudos sobre a escolha do sítio para a cidade de Brasília, que evidenciam preocupações bioclimáticas e servem para realçar aspectos da adaptação à topografia do lugar e intervenções de controle ambiental para facilitar o conforto térmico da população.

O Abrigo nas Regiões de Grande Amplitude Termina Diuturna. Clima Quente-seco

No clima quente-seco encontra-se a maior parte dos exemplos de adaptação do abrigo ao meio. Nestas regiões as variáveis do clima que devem ser controladas dizem respeito a insolação elevada, diferenças acentuadas de temperatura entre o dia e a noite, umidade relativa do ar baixa e vento carregado de pó.

Os exemplos selecionados correspondem às produções culturais denominadas *pueblos,* à cidade sob a terra da província de Honnan, à residência semi-enterrada denominada Sea Ranch.

Estes exemplos obtêm, através da forma e localização do assentamento e dos materiais empregados no abrigo, equilíbrio térmico entre o homem e o meio.

Abrigo Pueblos Estados Unidos

Segundo Rapoport (1978), a palavra *pueblos* se aplica a uma grande diversidade de abrigos em desfiladeiro, planalto ou vaie e a inúmeros grupos tribais e lingüísticos (Hopi, Zuêi e Tewa, entre outros) que se desenvolveram no Sudoeste dos Estados Unidos a partir do século VI, numa região árida de extremos climáticos, verão quente e seco e noites frias no inverno (Figura 25).

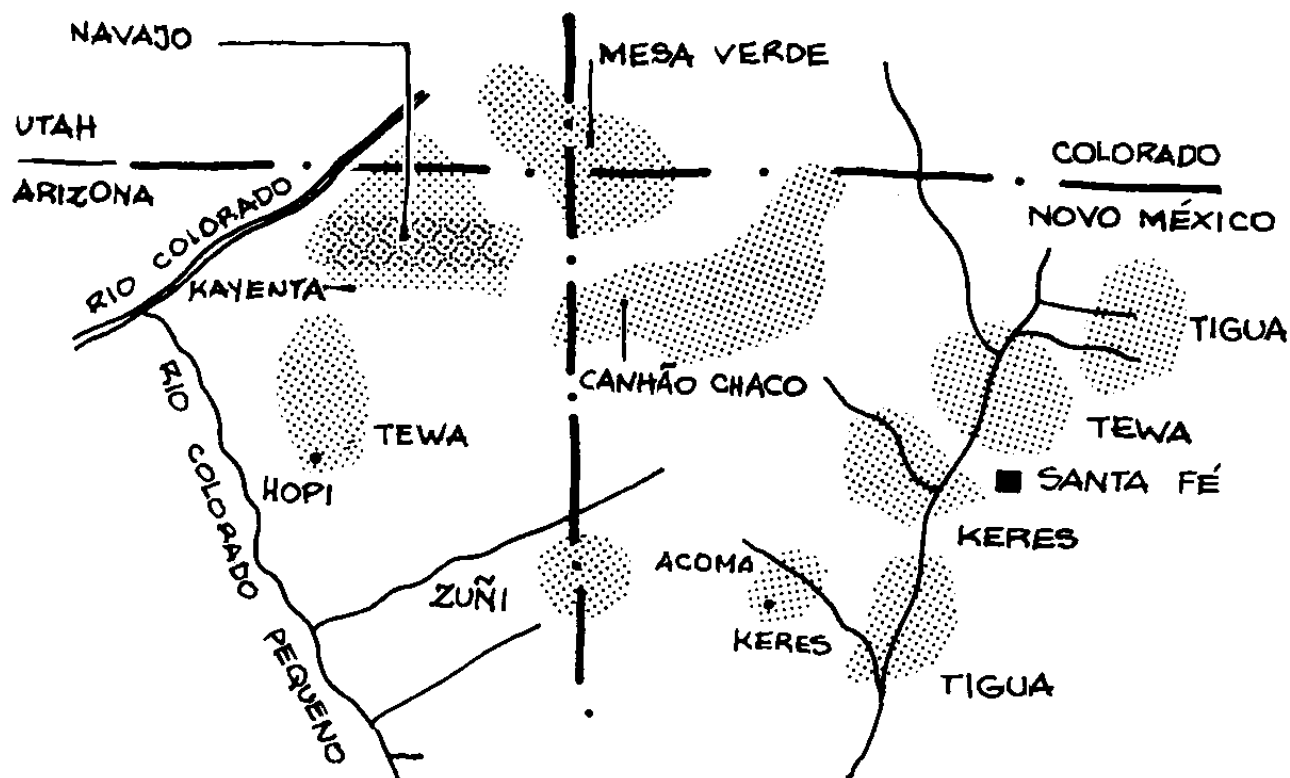



Figura 25 - Localização dos pueblos. Fonte: Rapoport (1978).

Os *pueblos* são formados por habitações construídas com grossas paredes de barro ou pedra, dispostas em grupos de um modo cuidadoso, compactas, de vários andares, de teto plano horizontal, em escada e amontoadas. Tais grupos possuem um caráter aditivo e é através de sua complexa arquitetura comunitária, muito diferente dos abrigos individuais, que expressam uma vida social altamente organizada. Mesmo que a forma varie, o grupo se dispõe sempre ao redor de um espaço aberto, também de forma variável, de preferência quadrada (Figura 26).

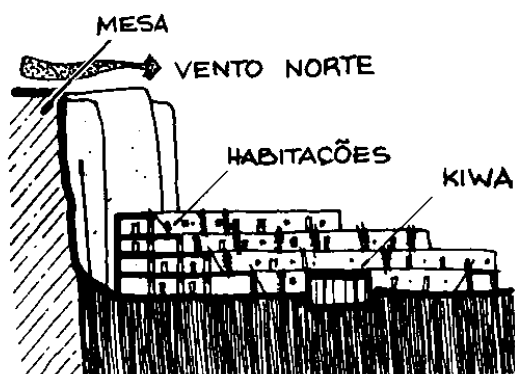
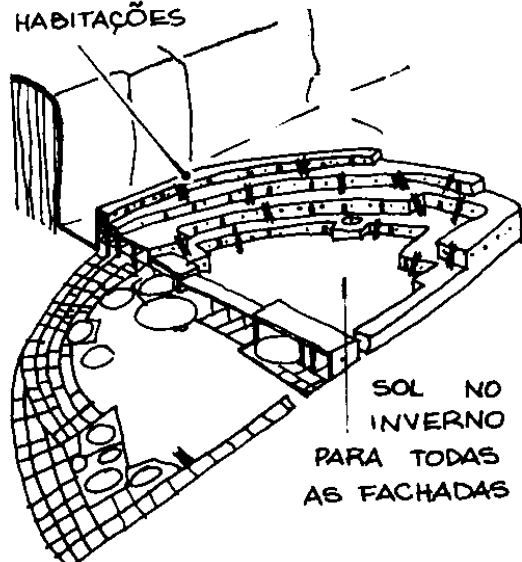
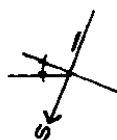
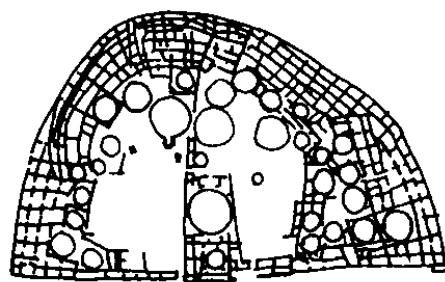
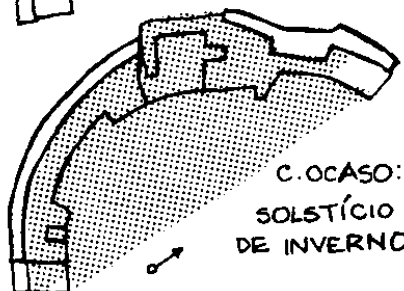
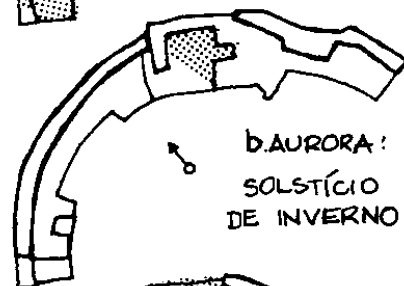
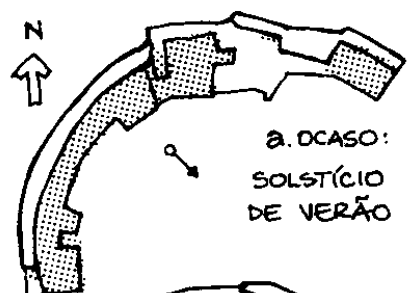



Figura 26 - Pueblo Bonito. Adaptado de Izard/Guyot (1980) e Revista Process (1978).

Devido às limitações técnicas, de material, e pela sua relação com o exterior, os *pueblos* possuem um caráter visual muito específico. Parecem formar parte necessária da paisagem e ostentam sempre uma relação de cor e forma com a orografia do terreno, sendo difícil distinguí-los.

Os muros são densos; os Hopi constróem com pedras rusticamente assentadas sobre barro, os outros *pueblos* somente em barro. Antes da chegada dos espanhóis, construíam com barro apisoado numa forma semelhante ao concreto atual. A primeira modificação importante da técnica foi a adoção do bloco de adobe dos espanhóis, mas isto não alterou a forma da habitação nem a do *pueblo.*

Os tetos (ao mesmo tempo pisos) são de terra ou argila e erva sobre pedaços de madeira muito juntos sustentados por vigas que se apoiam nos muros. As vigas sobressaem fora dos muros. As paredes, que apresentam vãos pequenos, recebem estuque no seu lado externo e interno, sendo esbranquiçadas com argila fina clara ou cores com motivos semelhantes aos que aparecem nos tecidos (Figura 27).

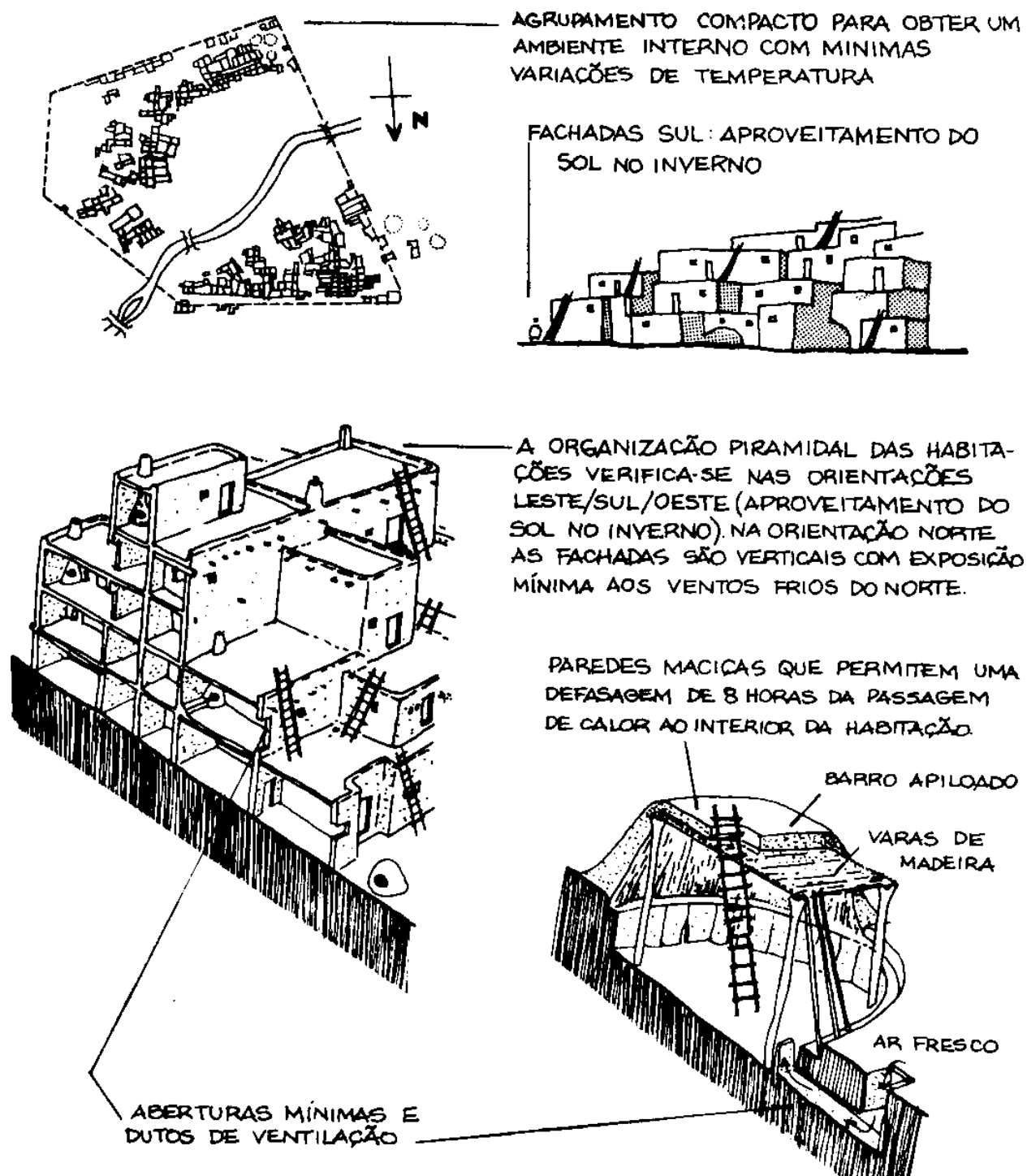



Figura 27 - Pueblos Taos (Hopi). Adaptado de Rapoport (1978) e Izard/Guyot(1980).

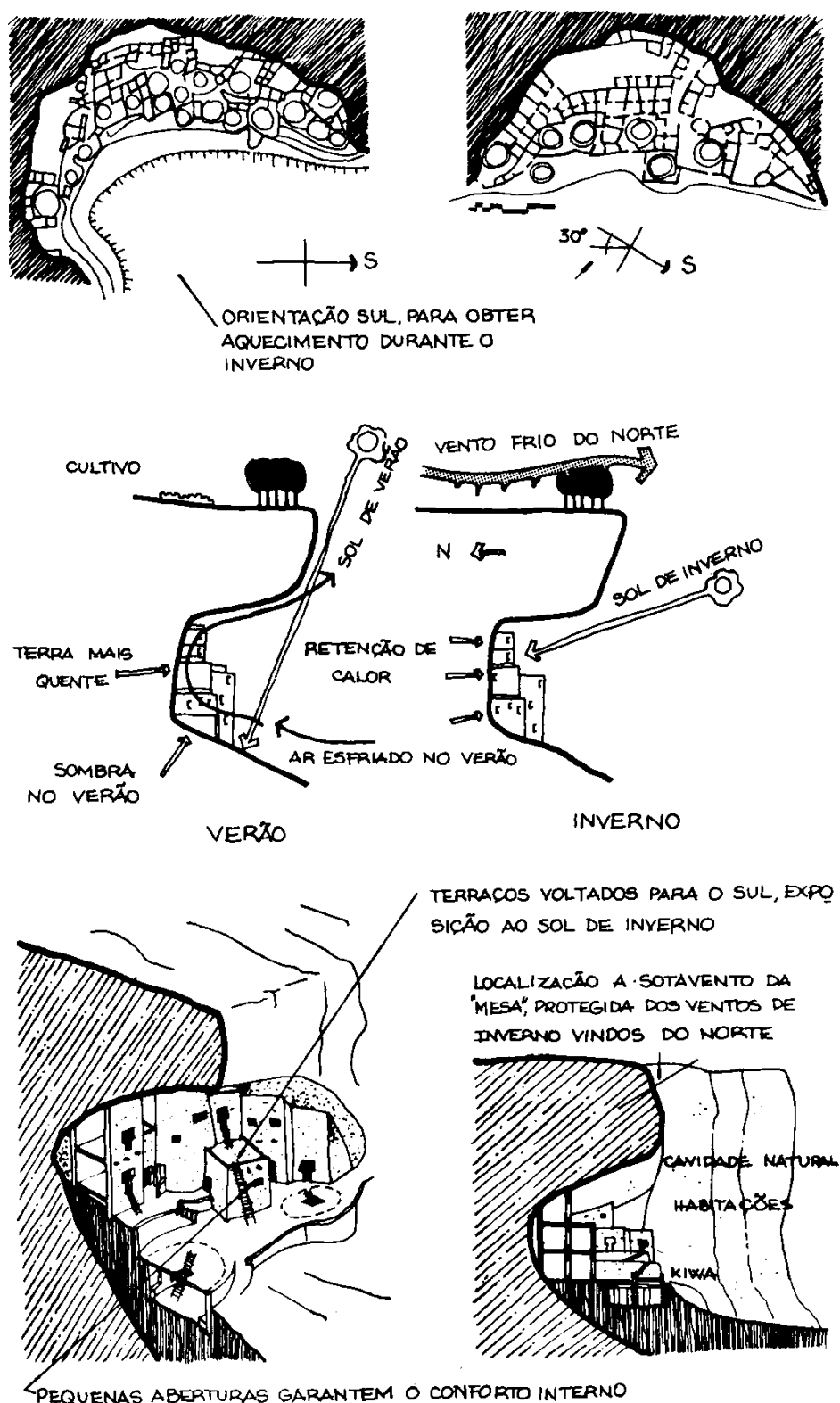
A natureza compacta do *pueblo* proporciona o máximo de volume edificado com a menor superfície exposta; o sombreado das fachadas e a espessura dos muros contribuem também a uma elevada inércia térmica, obtendo-se bons resultados no inverno e no verão.

O controle do sol se dá pela orientação sul que capta sol no inverno e não permite a insolação direta do verão; o mesmo acontece com a ação do vento. Para o vento frio do Norte no inverno ficam expostas barreiras (naturais e construída. e, no verão, são permitidas as brisas frescas (Figura 28).

A cultura *pueblo* fica caracterizada pelos seus estreitos 1a com seu entorno, o que lhe permite se situar numa posição de equilíbrio ecológico auto-regulado com ele. A religião *pueblo* enfatiza um universo harmonioso, onde natureza, deuses, plantas, animais e homens são todos interdependentes.

Nunca se mata mais do que o estritamente necessário, e todas as partes do animal devem ser utilizadas. Analogamente, apenas se colhe o número de plantas necessário para o consumo.

A associação íntima do abrigo com a terra, expressa pela semelhança do *pueblo* a uma forma orográfica, parece refletir a harmonia imperante entre o homem e a natureza.

A propriedade de alguns bens é comunal; nenhum indivíduo pode exercer propriedade sobre as árvores, a água e outros elementos da natureza.

igura 28 - Mesa Verde. Adaptado de Izard/Guyot(1980) e Crowther (1977).

Cidade Honnan China

Na província de Honnan, no Norte da China, de clima rigoroso de longos e frios invernos agravados por tempestades vento, cidades inteiras encontram-se escavadas na terra I e de grande porosidade.

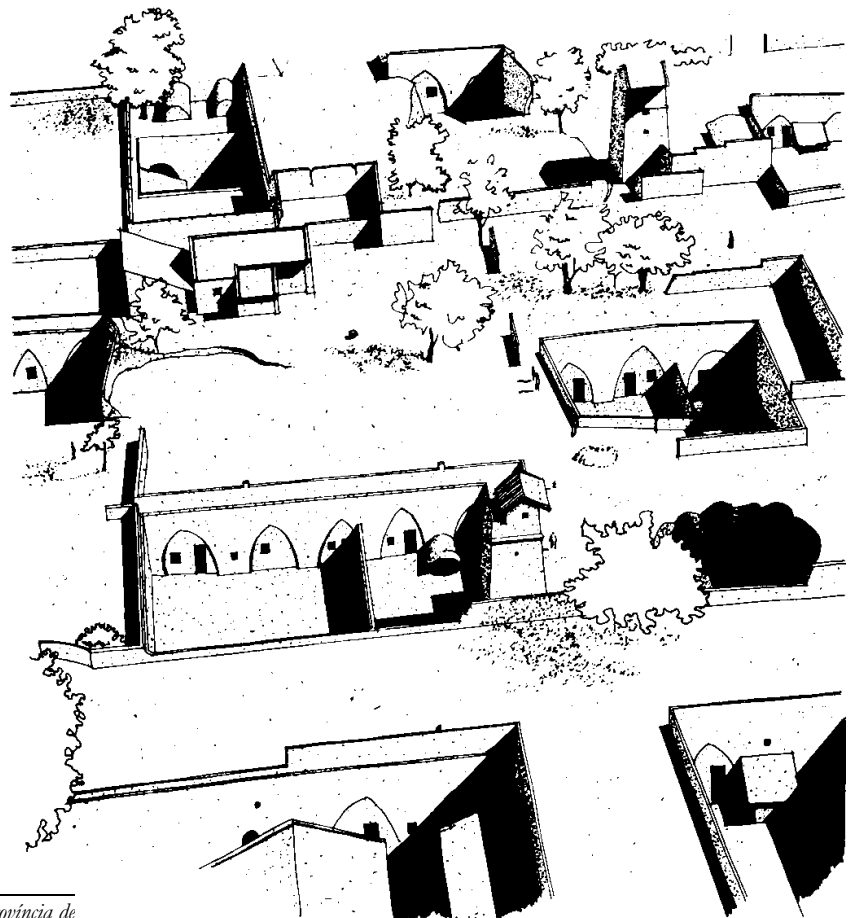
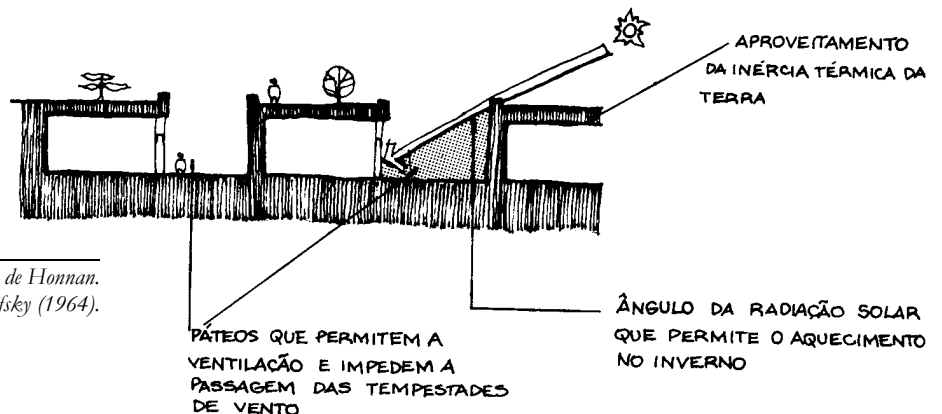
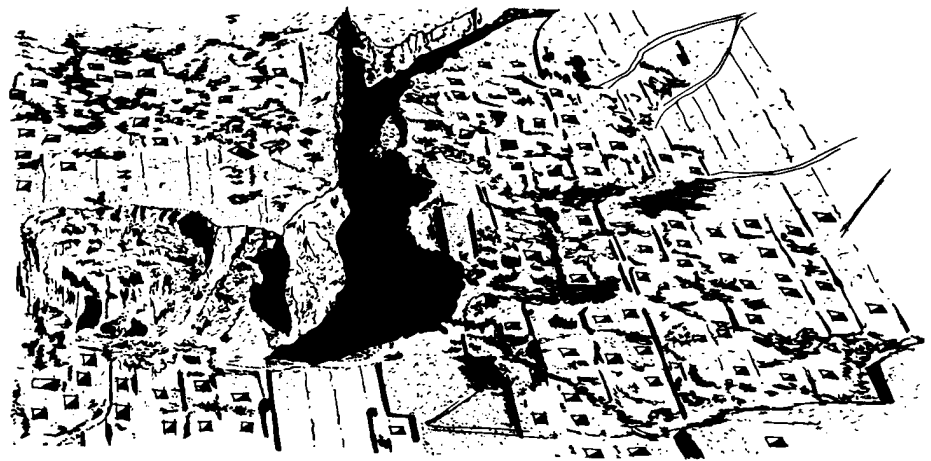
Segundo Rudofsky (1964), quase 10 milhões de pessoas, nesta província e em outras (Shan5 Shensi e Kansu), moram sob a terra (Figura 29).

Estes assentamentos apresentam uma resposta adequada às solicitações do meio.

Figura 29 - Assentamento na província de Honnan. Adaptado de Rudofsky (1964).

Para combater os fortes ventos e baixas temperaturas da estepe gelada escavam-se as habitações ao redor de pátios, cada um com tamanho aproximado 24 m de comprimento por 9 m de largura, e profundidade em torno de 7 m e 9 m, capaz de comportar várias famílias. Para este pátio abrem-se vãos que proporcionam ventilação e iluminação às habitações. A orientação, tamanho e forma dos pátios permite a entrada do sol baixo do inverno; a habitações aproveitam também a temperatura mais ele do subsolo. Assim, as habitações são quentes no inverno e frias no verão, porque não recebem insolação direta (Figura 30).

Desta forma, estão construídos todos os equipamentos cidade, tais como fábricas, escolas, hotéis e repartições públicas.

Figura 30 - Vista do assentamento na província de Honnan. Fonte: Rudofsky (1964).

Residência Sea Ranch Estados Unidos

Na Califórnia (Estados Unidos), o arquiteto David Wright, autor de inúmeros projetos bioclimáticos, realizou em 1976 uma residência semi-enterrada, utilizando-se dos princípios adotados na arquitetura vernácula.

A residência se abre para o Sul (Hemisfério Norte) para recebe radiação solar direta e se fecha para o Norte para se protege dos ventos frios e aproveitar a inércia térmica da terra, absorvendo e estocando a radiação no inverno e, no verão, retardando a passagem de calor.

No verão obtém-se o equilíbrio através de ventilação interna durante a noite, aliada ao efeito refrescante da massa térmica interna (Figura 31).

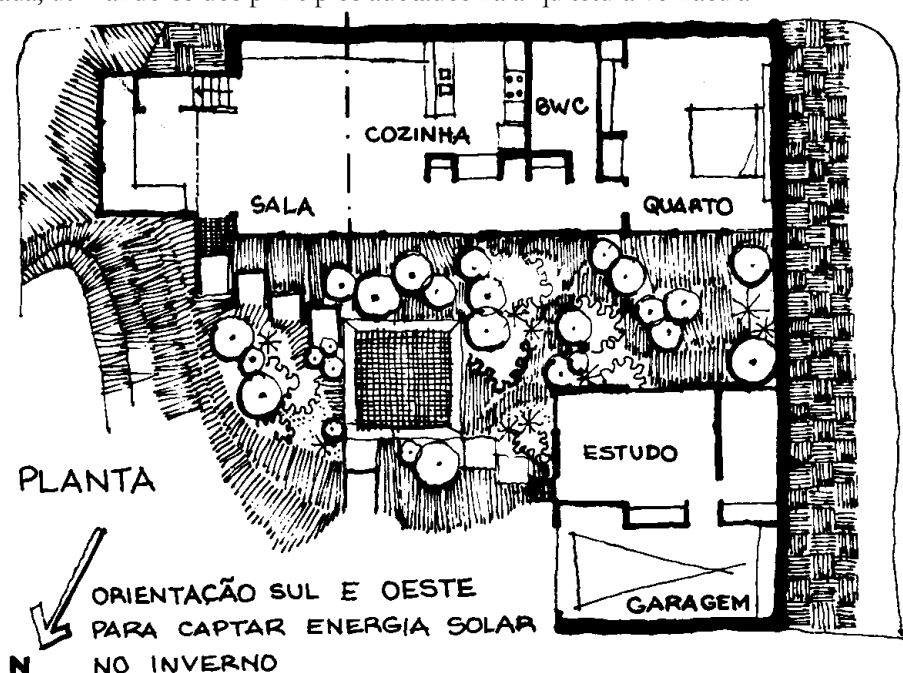



Figura 31 - Planta da residência Sea Ranch. Fonte: Pedregal (1977) e Bustos Romero (1978).

Utiliza alguns elementos da arquitetura solar passiva, tais como: vidros duplos na fachada sul e inclinados em 75º. para coletar energia e estocá-la em grossas paredes de concreto, ventilação natural produzida pelo efeito termo-sifão, cobertura isolante através de terra e plantas (Figura 32).

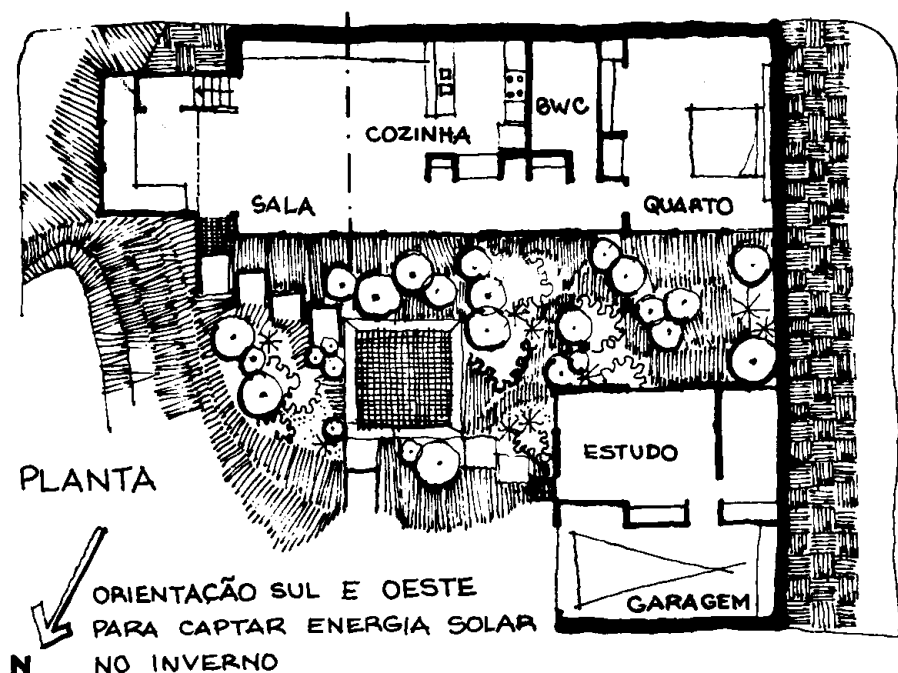



Figura 32 - Corte da residência Sea Ranch. Fonte: Pedregal (1977) e Bustos Romero (1978).

{©Estes elementos, aliados à adaptação total do construído ao meio ambiente existente, lembram as práticas “primitivas” que sempre procuram o mínimo impacto de sua intervenção no meio em que se encontravam. Tanto esta realização como outras deste autor evidenciam sempre um entendimento preciso do clima local, a importância e alcance das características dos materiais construídos, assim como a adaptação a uma economia de escassez de recursos em energia e tempo (Figura 33).

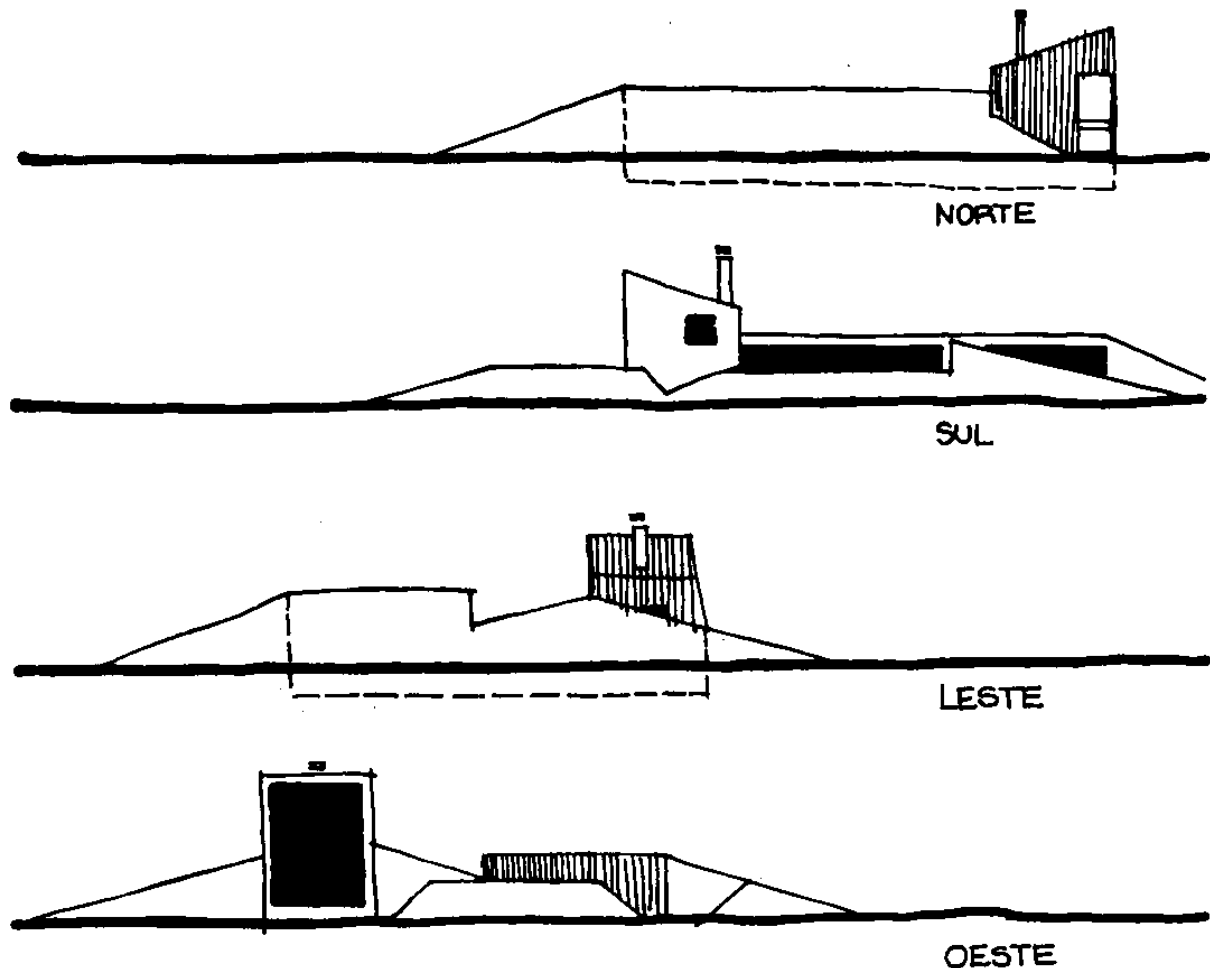



Figura 33 - Vistas da residência Sea Ranch. Fonte: Pedregal (1977) e Bustos Romero (1978).

Cidade islâmica Iraque/Marrocos

Existem outros exemplos que evidenciam profundo conhecimento do lugar e uma perfeita adaptação a ele, assim como a utilização dos materiais e das técnicas construtivas locais. Estes conhecimentos permeiam totalmente a forma do assentamento. Por exemplo, em Marrocos o traçado da cidade aproveita o melhor possível a topografia do lugar; as ruas canalizam os ventos necessários para a ventilação e impedem a passagem de outros ventos inconvenientes (aqueles que transportam poeira do deserto). As ruas são estreitas a fim de proporcionar sombra, e até são utilizados toldos para auxiliar esta necessidade (Figura 34).

Figura 34 - Esquema do traçado de cidade islâmica (Marrocos). Fonte: Izard/Guyot (1980).

Assim, verifica-se no vale das Casbás, onde o clima quente árido (pela proximidade do deserto do Saara ao Sul) solicita um tecido urbano compacto, para minimizar a exposição das superfícies à radiação solar direta, e para aproveitar a grande inércia térmica da massa das construções (barro e troncos de palmeira para as estruturas e piso) que retardam a passagem de calor durante o dia e deixam passar à noite o calor acumulado durante o dia (Figura 35).

Na medina de Casablanca e em menor proporção na de Marrakesh, localizadas a Norte e Oeste de Marrocos, a proximidade do oceano introduz brisas marinhas que amenizam o tecido urbano, já que o traçado da cidade permite a passagem destas ao interior do espaço construído.

A arquitetura iraquiana popular constitui um exemplo de sabedoria na adequação ao clima da região: quente-seco. Falar da arquitetura vernácula no Iraque equivale a mencionar as casas tradicionais com pátio interno e as sinuosas e estreitas ruas resultantes do traçado existente, nas principais cidades do país.

Figura 35 - Cidade islâmica. Fonte: Al-Azzawi (1978).

As casas com pátio interno estão agrupadas num bloco compacto a fim de expor menos superfícies à radiação solar direta. Seu agrupamento dá origem a ruas normalmente sombreadas pelas saliências do 19 andar. A formação das ruas obedece a uma ordenação hierárquica definida. As principais rodeiam grandes blocos de casas, subdivididas por sua vez em blocos menores por ruas mais estreitas que, finalmente, conduzem a becos sem saída, que contribuem para a segurança dos habitantes.

Ao longo dos anos, o pátio tem satisfeito a necessidade social de um espaço intimo, isolado e aberto, apto para o desenvolvimento das atividades familiares e especialmente indicado para facilitar a segregação das mulheres, ditada pelos critérios sócio-religiosos (Figura 36).

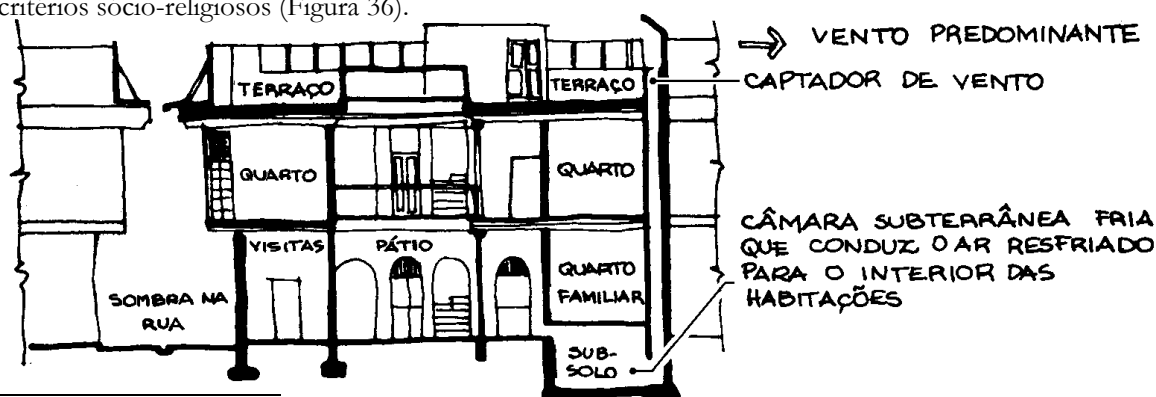



Figura 36 - Corte de uma residência iraquiana..

O pátio atenua, e até resolve, as condições do clima iraquiano, que apresenta níveis de insolação elevado, diferenças acentuadas de temperatura entre o dia e a noite, umidade relativa baixa e ventos fortes carregados de pôe areia (Figura 37).

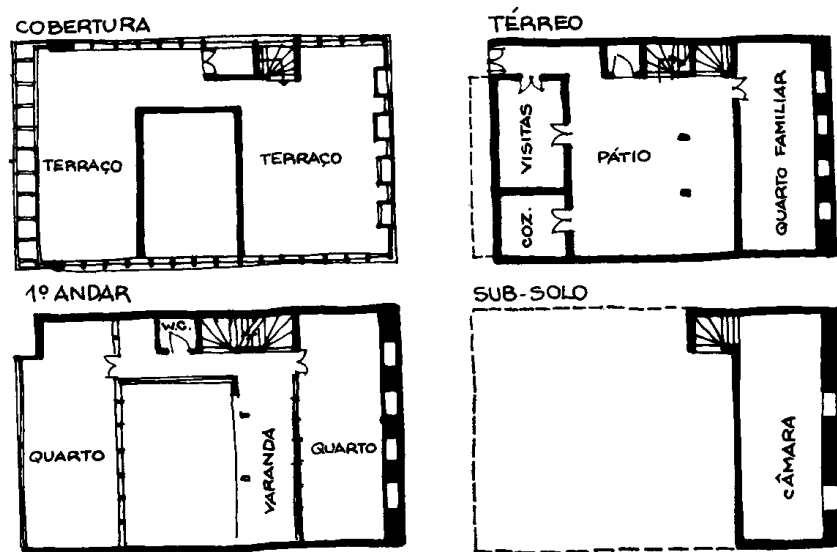



Figura 37 - Plantas de uma reisdência iraquiana. Fonte: "Casas orientales em Iraq" - Subhi Hussein - Al-Azzawi in "Código Sociedade",Arq. Paul Oliver, (1978).

O calor perdido por radiação durante a noite permite ao pátio manter-se fresco na maior parte do dia. As galerias que se abrem do piso superior contribuem, através da obstrução das radiações solares diretas, para a redução do calor acumulado durante o dia. Ainda por ser o pátio de altura considerável, a área exposta à radiação resulta mínima, mantendo na sombra determinadas habitações, mesmo durante o meio-dia, quando o sol se aproxima do zênite (Al-Azzawi, 1978).

Para o habitat islâmico tradicional, o urbanismo e a arquitetura concorrem para a proteção térmica. Os princípios adotados estão tão entrosados que fica difícil definir onde termina um e começa outro.

A análise desta arquitetura mereceria uma maior dedicação que foge porém ao escopo deste estudo: A civilização islâmica não é uniforme, apresentando diferenças climáticas e geográficas suficientemente importantes, cuja conseqüência pode-se constatar na configuração.

Destacam-se a seguir apenas alguns esquemas de ventilação e umidificação (Figura 38).

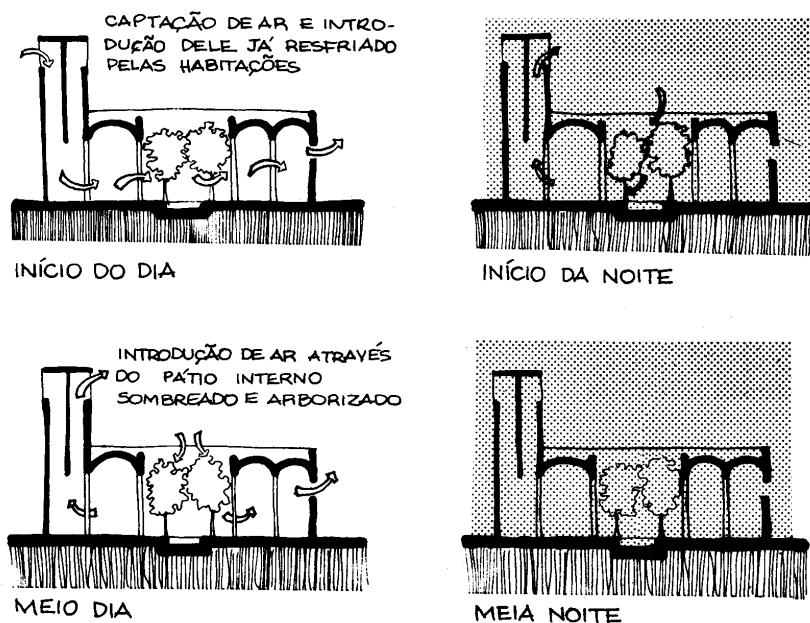



Figura 38 - Esquema de ventilação e umidificação. Adaptado de Izard/Guyot (1980).

Os casos do habitat que conseguem um adequado equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente nestas regiões nem sempre servem como exemplo aos trabalhos recentes de alguns profissionais, como diz Al-Azzawi (1978).

“Nos anos 30 chegaram ao lraque arquitetos estrangeiros que não foram capazes de compreender ou apreciar a idoneidade da casa com pátio tradicional. Da mesma forma, os iraquianos educados no exterior menosprezaram estas casas. Desenvolveu-se, então, um novo tipo de casa, a “ocidental”, cuja planta e atividades coincidem basicamente com as “orientais”, porém o pátio foi coberto, transformando-o na sala de estar, em cujo redor se agrupam as demais habitações” (Figura 39).

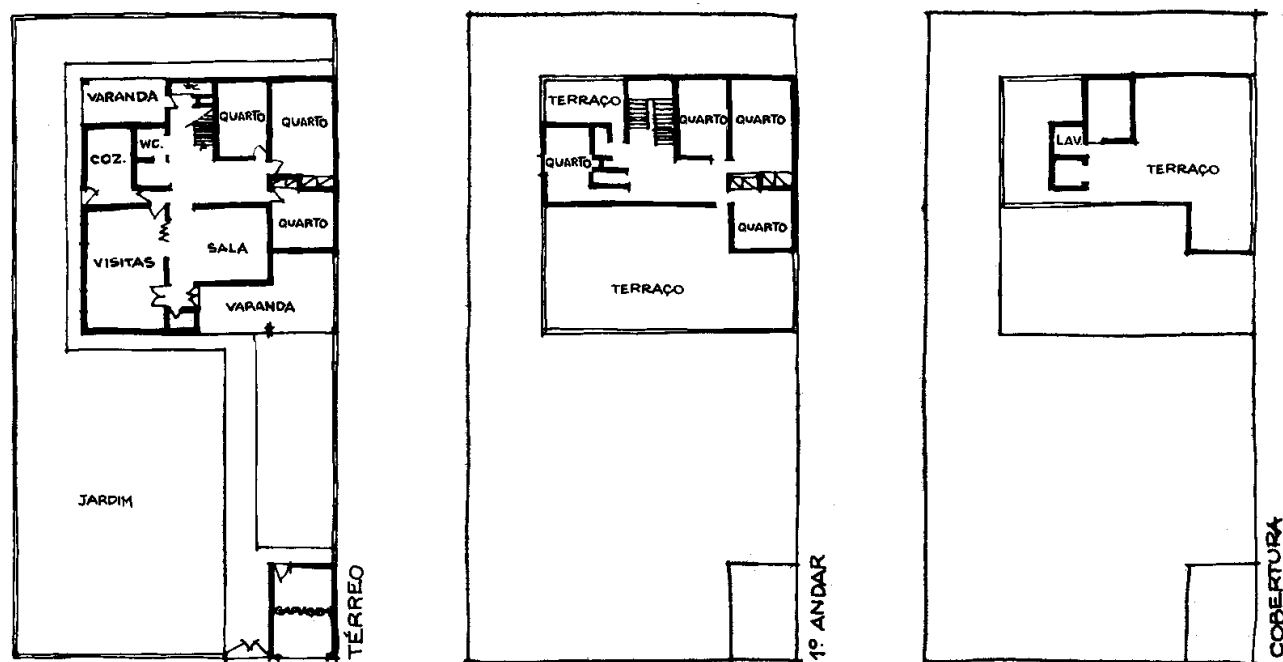



Figura 39 - Plantas de uma residência iraquiana moderna. Fonte: Al-Azzawi (1978).

Tendo desaparecido o pátio privado, no seu lugar surge um jardim que rodeia a casa, limitado por uma parede de altura inferior à linha de visão. Este jardim carece da intimidade a que os iraquianos estão acostumados, uma vez que fica dominado visualmente por qualquer vizinho. Por outro lado, dado o intenso calor, não é possível estar no jardim. Todas as atividades devem ser desenvolvidas no interior. Por serem edificações separadas, possuem maior superfície exposta à irradiação solar direta.

Possuem também grandes janelas sem proteção.

A inadequação aumenta pela indiscriminada orientação. Não se procurou uma ventilação análoga à da casa "oriental', e, devido ao ar extremamente quente e seco, é impossível abrir as janelas durante o dia. As ruas são amplas e não oferecem abrigo para o pedestre.

Esta situação é muito semelhante àquela da Amazônia, no Brasil dos anos 30, quando o industrial norte-americano Henrv Ford construiu uma pequena cidade na selva para os trabalhadores dos seringais, nos moldes das do seu pais, isto é, casas geminadas assentadas no chão, de madeira e com duas janelas laterais. Os moradores/trabalhadores se rebelaram contra o modo de vida imposto e contra o novo 'urbanismo Os caboclos detestavam sua alimentação, suas casas sem pilotis e com mosquiteiros, e por isso mesmo asfixiantes.

Cidade de Gourma Egito

Hassan Fathy, arquiteto egípcio, resgata os princípios de adaptação climática evidenciados nas cidades islâmicas. Ele constrói no Egito, onde o clima apresenta níveis de insolação elevada e diferenças acentuadas de temperatura entre o dia e à noite, umidade relativa baixa e ventos fortes carregados de pó e areia.

Hassan Fathy retoma os pontos básicos antes mencionados, próprios do conhecimento empírico da população islâmica.

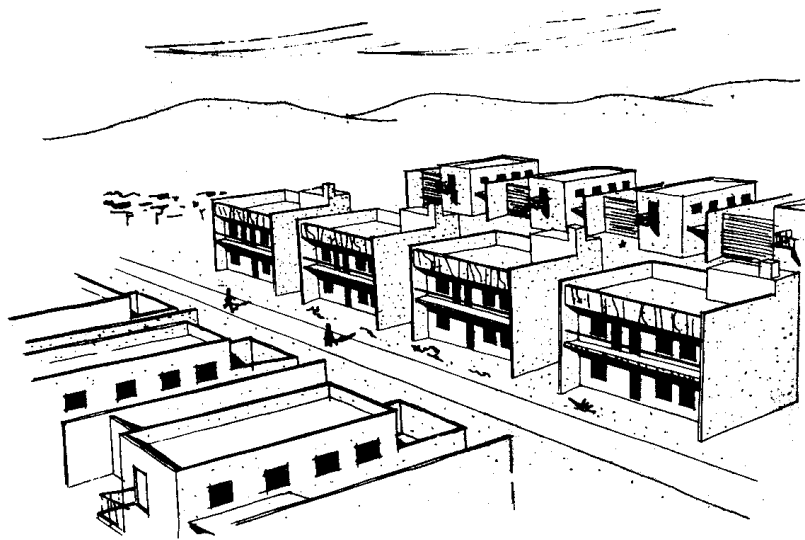



Figura 40 - Nova zona residencial em Bagdad (Iraque). Adaptado de Al-Azzawi (1978).

{©Fathy, apesar de ser um arquiteto cosmopolita, deliberadamente utiliza métodos tradicionais de construção e mão-de-obra local (alvenaria de tijolos de barro secos ao sol) e princípios de planejamento da cidade (sombras, ruas curvas, pátios internos, terraços para dormir) que demonstram a validade destes princípios na prática atual: a qualidade dos ambientes urbanos projetados na cidade de Gourma, segundo Fitch (1971), é comparativamente superior à de outros centros modernos de muitas cidades egípcias (Figura 41).

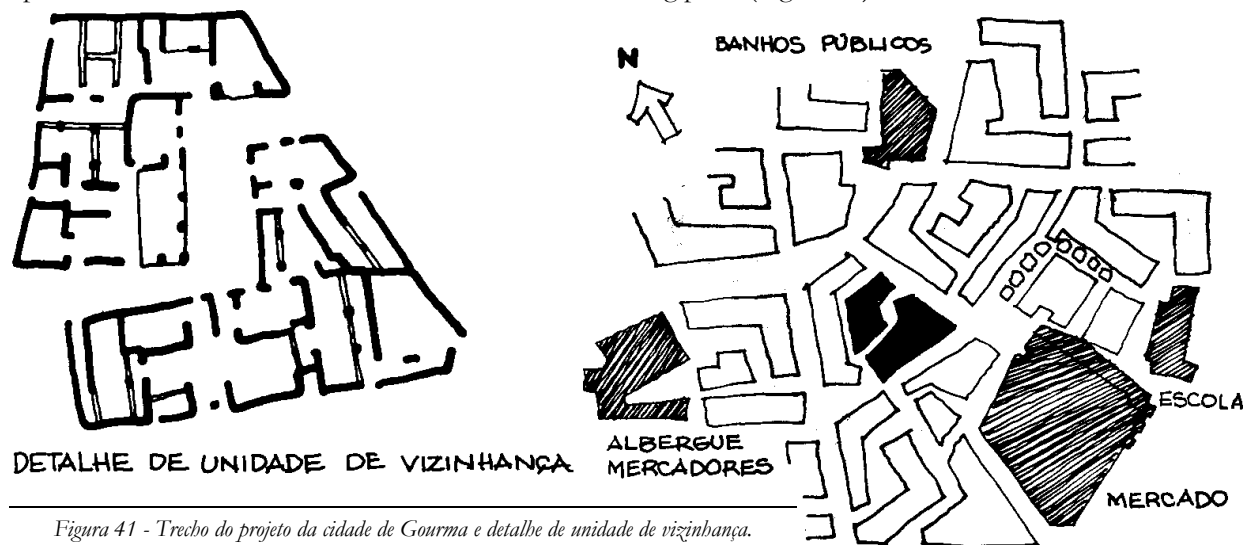



Figura 41 - Trecho do projeto da cidade de Gourma e detalhe de unidade de vizinhança. Adaptado de Fathy (1973).

Residência "Zomes" Estados Unidos

Steve Baer realiza em Albuquerque (Estados Unidos) uma residência solar passiva dotada de originais elementos de climatização: muros na orientação sul (Hemisfério Norte), de estrutura de madeira que suportam tambores cheios d'água e pintados de preto para absorver calor, painéis de cobrimento destas paredes reguláveis e pintados com uma tinta refletora, paredes internas de adobe, para aproveitar a alta capacidade térmica deste material, e clarabóias metálicas (Skylids) comandados por um mecanismo sensível à radiação solar. Na ausência de sol, estas clarabóias se fecham para evitar as perdas de calor das habitações.

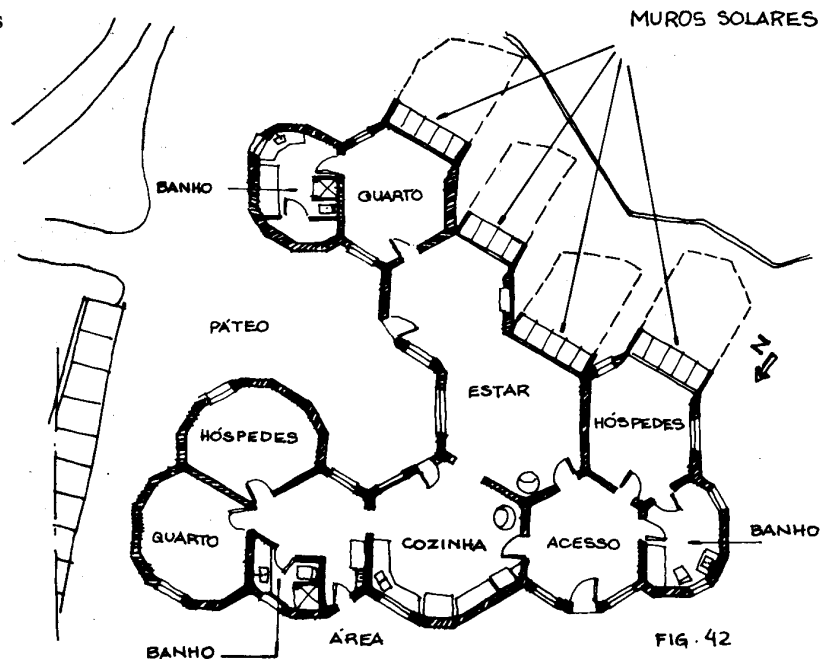



Figura 42 - Planta da "Zome". Adaptado de Baer (1973).

O efeito que este conjunto produz num visitante encontra-se num texto de Mumford *(apud* Bustos Romero, 1978:51) que ilustra como a mediação do homem no domínio do espaço construído pode ser ainda um fato acessível e cheio de surpresa: "Passei aí uma noite e um dia; pela manhã, após levantarmos, notei que havia tambores de óleo, que agora estavam cheios d'água e pintados, pelo lado interno da casa, em cores atraentes. Este é o único aquecimento existente. Pela manha, a água estava bastante quente para barbear-me. Um moinho de vento bombeia a água para a casa que é então aquecida por um aparelho de energia solar. Quando nos sentamos para o café da manhã, conforme o sol se elevava no horizonte e se tornava mais quente, abriu-se uma clarabóia no teto da cozinha, permitindo aos raios solares atravessarem, atingindo a mesa do café. No momento em que os raios atingiram a mesa, Steve Baer e seu filho interpretaram o fato como um sinal para que se abrissem a casa para o sol. Assim foram até estas paredes, que haviam sido fechadas à noite, e, como em um grande navio, giraram os sarrilhos, descendo as paredes até o chão; estas paredes estão pintadas com uma camada refletiva, onde os raios solares são refletidos o dia todo nos tambores com água; e, durante a noite, as paredes são novamente fechadas. O sol, nesta casa, não é apenas um acidental sistema de aquecimento - eles brincam com o sol - o sol faz parte de seu café matinal".

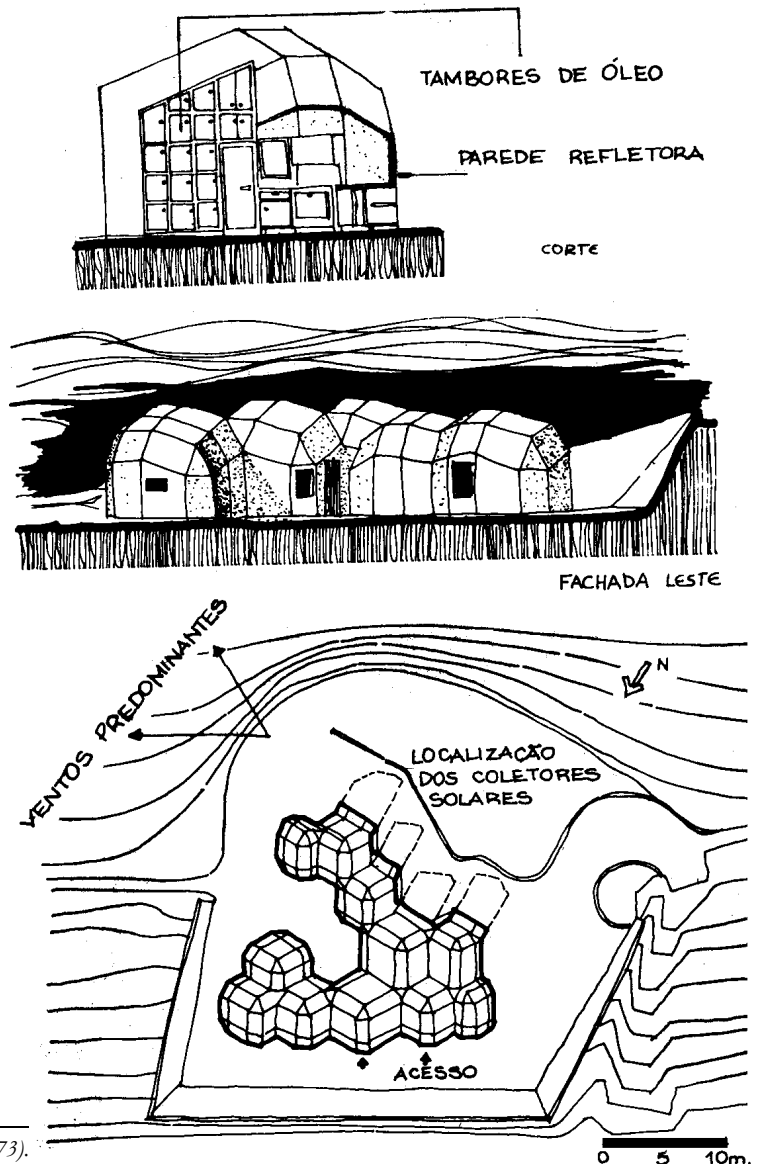



Figura 43 - Vistas da "Zome". Adaptado de Baer (1973).

O Abrigo nas Regiões de Clima Quente-úmido

Nas regiões de clima quente-úmido as respostas de abrigo são extremamente diferentes daquelas descritas para as regiões quente-secas. Nestas regiões as variáveis do clima que devem ser controladas são a intensa radiação solar e a temperatura elevada associada à alta taxa de umidade do ar. Os exemplos abaixo correspondem às produções culturais denominadas Yagua e à residência Tarumã do arquiteto Severiano Porto. Estes exemplos obtêm através da forma do abrigo e dos materiais empregados o equilíbrio térmico entre o homem e o meio.

Abrigo Yagua Amazonas

Na região do Amazonas, de clima tropical-úmido, a intensa radiação solar, a alta umidade e o grande índice de precipitações solicitam do abrigo soluções diferentes daquelas encontradas nas regiões áridas e secas anteriormente apresentadas para a obtenção do necessário equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente.

A habitação Yagua, analisada por Rapoport (1972:125), consegue atender às exigências necessárias ao equilíbrio através da sombra e da ventilação. Segundo o autor, "a cobertura é o elemento dominante, e é, com efeito, um pára-sol imenso à prova d'água, com uma inclinação tal que permita escorrer rapidamente as chuvas torrenciais, opaco à radiação solar e com uma massa mínima para evitar a acumulação de calor e a subseqüente radiação. Também evita os problemas de condensação ao ser capaz de respirar". (IA.)

As habitações Yagua, sobre pilotis, se elevam do chão favorecendo a ventilação e protegendo-se das inundações e dos animais. O ar flui de baixo para cima, criando correntes de ar que amenizam o ambiente externo (Figura 44).

Grandes beirais rodeiam a habitação que não possui vedações verticais, obtendo assim ventilação em todos os ambientes.

Figura 44 - Habitação Yagua. Adaptado de Rapoport (1972:42).

Residência Tarumã Amazonas

O arquiteto Severiano Porto demonstra um profundo conhecimento do clima da região (quente-úmida) e da arquitetura vernácula adotada pelos indígenas do lugar. Demonstrando também conhecimento e respeito pelas características do local, ele estabelece que no sítio de implantação da residência (Tarumã-AM) a camada de folhas de árvores que recobre o solo não deve ser removida, já que ela é responsável pela fertilidade superficial do mesmo. O partido fica condicionado às características do sítio, da vegetação, do clima e à necessidade da redução ao mínimo da área a ser destinada à construção para, assim, evitar a remoção de árvores e a abertura de grande clareira, que possam ocasionar a queda de árvores pela quebra do equilíbrio existente na floresta amazônica, onde as árvores possuem somente raízes superficiais. A solução vertical era a mais indicada e todos os espaços são vazados (esquadrias de venezianas móveis e telas de náilon), a fim de permitir a livre circulação do vento no seu interior. O arquiteto demonstra também uma especial consideração pela mão-de-obra local, uma vez que o dimensionamento das peças estruturais é feito de maneira que atenda não só à estabilidade, como também à capacidade das ferramentas usadas no preparo da madeira pelo homem da terra, responsável desde a obtenção e preparação das peças até a montagem e acabamento da residência (Figura 45 e 46).

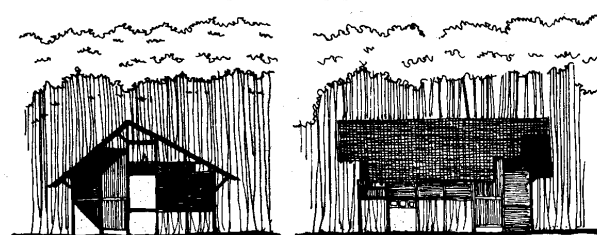
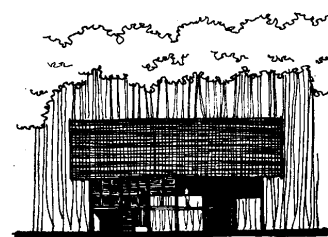
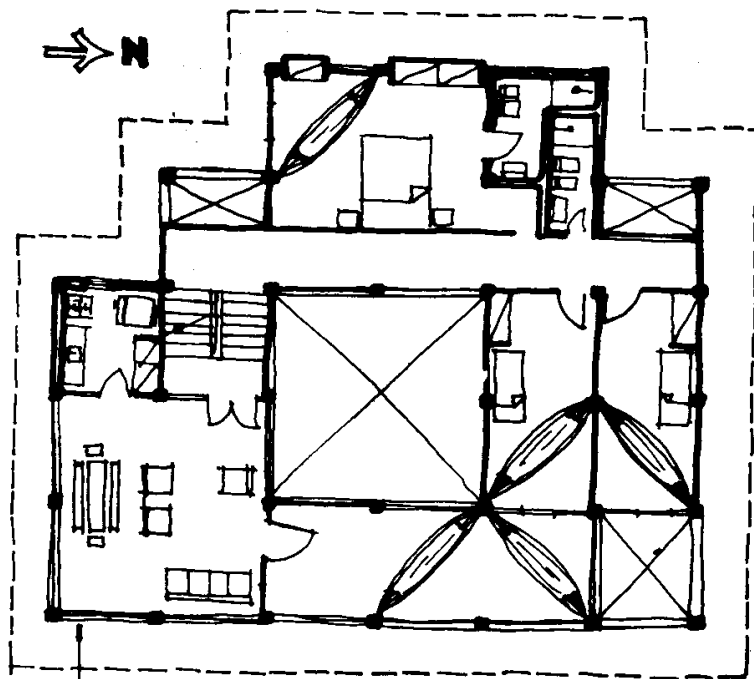



Figura 45 - Vistas de residência Tarumã. Adaptado da Revista Módulo No. 53 (1979).

Figura 46 - Planta da residência Tarumã. Adaptado da Revista Módulo No. 53 (1979).

O Ambiente, os Regulamentos e a Mediação do Homem no Espaço Construído

Os exemplos selecionados neste item representam soluções orientadas por preocupações climáticas e outras, encontradas nas cidades coloniais espanholas e cidades latinas, em geral, romanas, renascentistas e medievais.

Destacam-se tanto os regulamentos que nortearam as soluções que remontam a Vitrúvio e às Leis das Índias, bem como a mediação cotidiana do homem com o espaço construído, aspecto essencial no tratamento do espaço, quanto a preocupação e a inter-relação entre o homem e o meio, seja este natural ou construído.

As Cidades Romanas , Renascentistas e Medievais

No mundo latino sempre houve manifestações de preocupação com as considerações do meio no traçado e com a implantação dos assentamentos. A cidade romana, por exemplo, em parte por motivos religiosos, em parte por considerações utilitárias (Mumford: 1965), tomava a forma de um retângulo. Mas, além de seu traçado sagrado, a cidade romana era orientada no sentido de se harmonizar com a ordem cósmica. Embora o princípio de orientação tivesse uma origem religiosa, ele era modificado pela topografia, que modificava também o piano em grade. No tempo de Vitrúvio, a preocupação com a higiene e o conforto veio modificar mais ainda o traçado da cidade romana, de tal sorte que ele chegava a sugerir que as ruas pequenas ou vielas fossem orientadas no sentido de conter os desagradáveis ventos frios e os infecciosos ventos quentes (Figura 47).

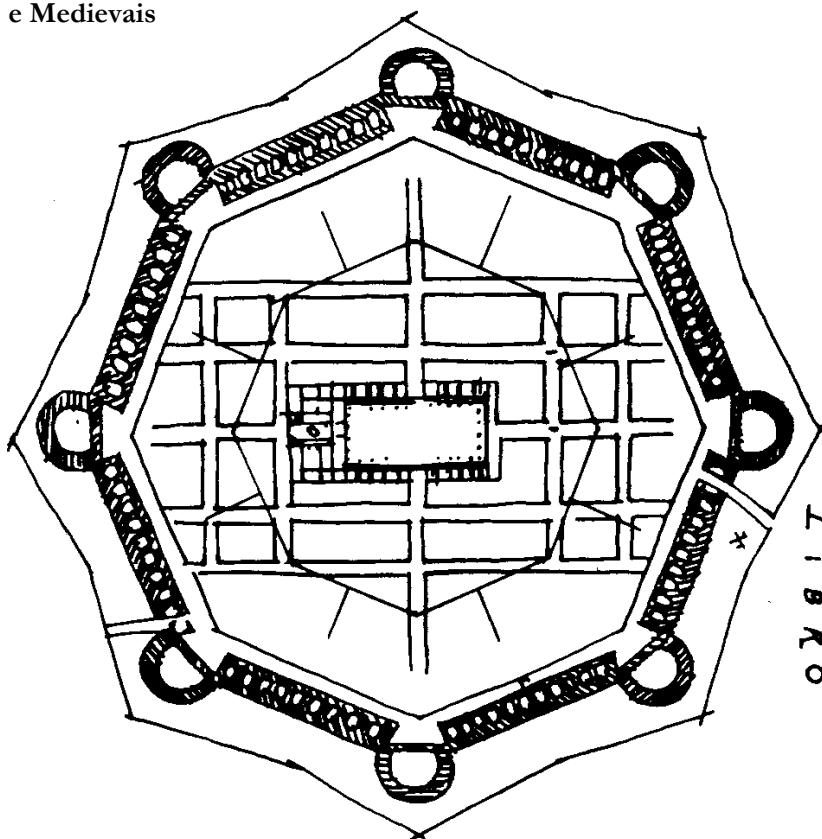



Figura 47 - A Cidade Ideal de Vitrúvio. Adaptação de Goitia (1982).

Nas Leis das Índias, promulgadas em 1573 (com influências de Vitrúvio), encontram-se passagens que evidenciam a preocupação climática e com o conforto do homem *(Arquitetura/Cuba* 340/1/2:9-11).

" .... de la plaza salgan cuatro calles principales, una por medio de cada costado; y además de estas dos por cada esquina: las cuatro esquinas miren a los cuatro vientos princípales, porque saliendo así ias calles de la plaza no estarán espuestas á los cuatro vientos, que será de mucho inconvenientes: toda en contorno, y las cuatro caíles principales que de eila han de salir, tengan portales para comodidad de los tratantes que suelem concurrir; y las ocho calles que saldrán por las cuatro esquinas salgan libres, sin encontrarse en los portales, de forma que hagan la acera derecha en la plaza y la calle" (Figuras 48, 49, 50 e 51).

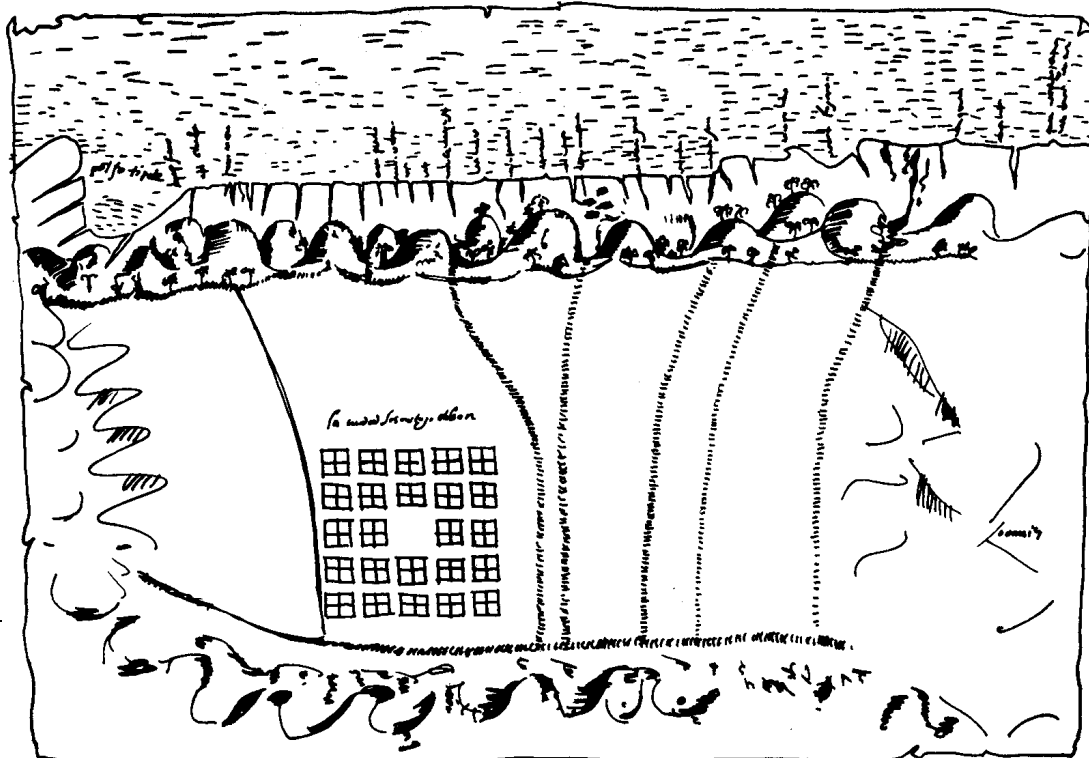



Figura 48 - Planta da Cidade de Caracas, 1567. Fonte: Galantay (1977).

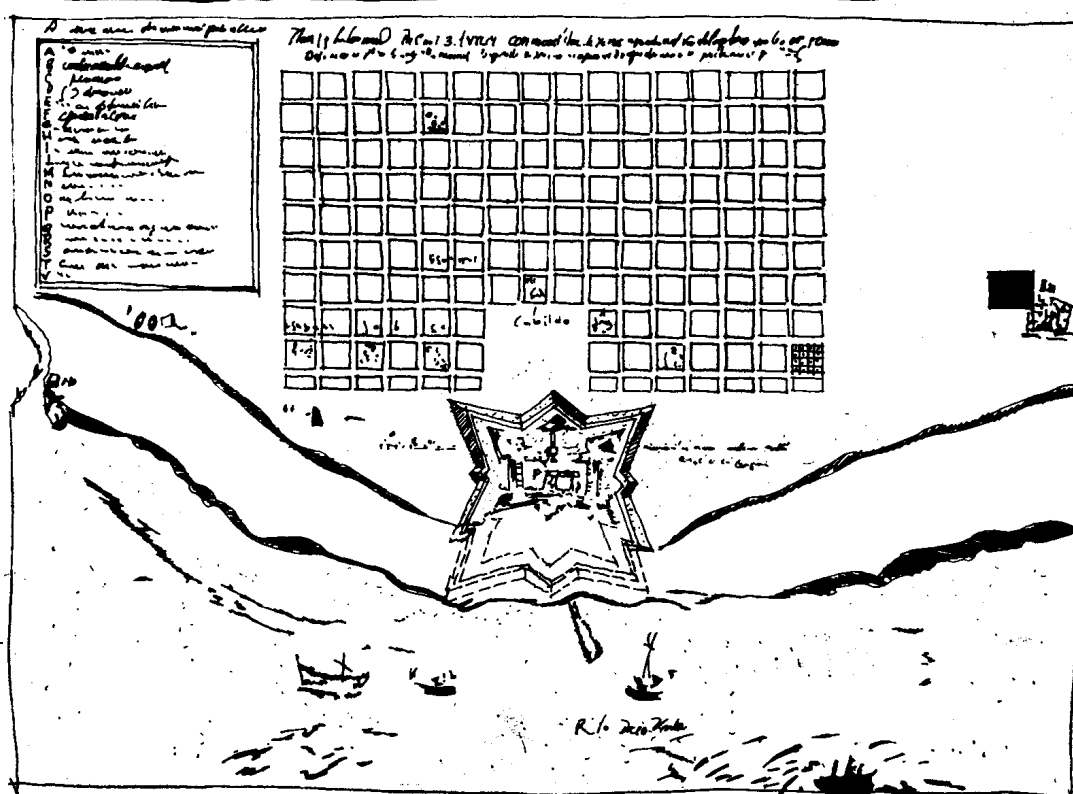



Figura 49 - Planta da Cidade de Buenos Aires, 1708. Fonte: Galantay (1977).

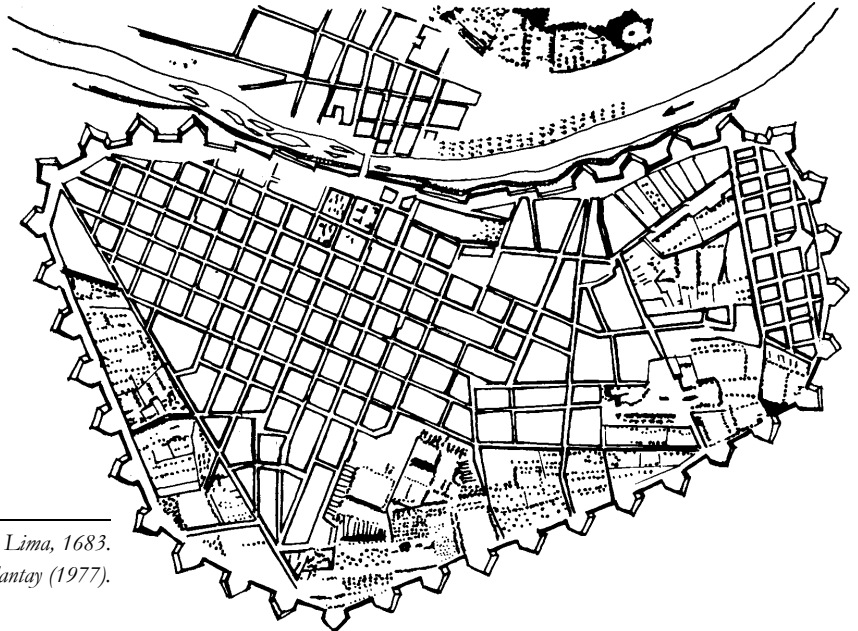



Figura 50 - Planta da Cidade de Lima, 1683. Fonte: Galantay (1977).

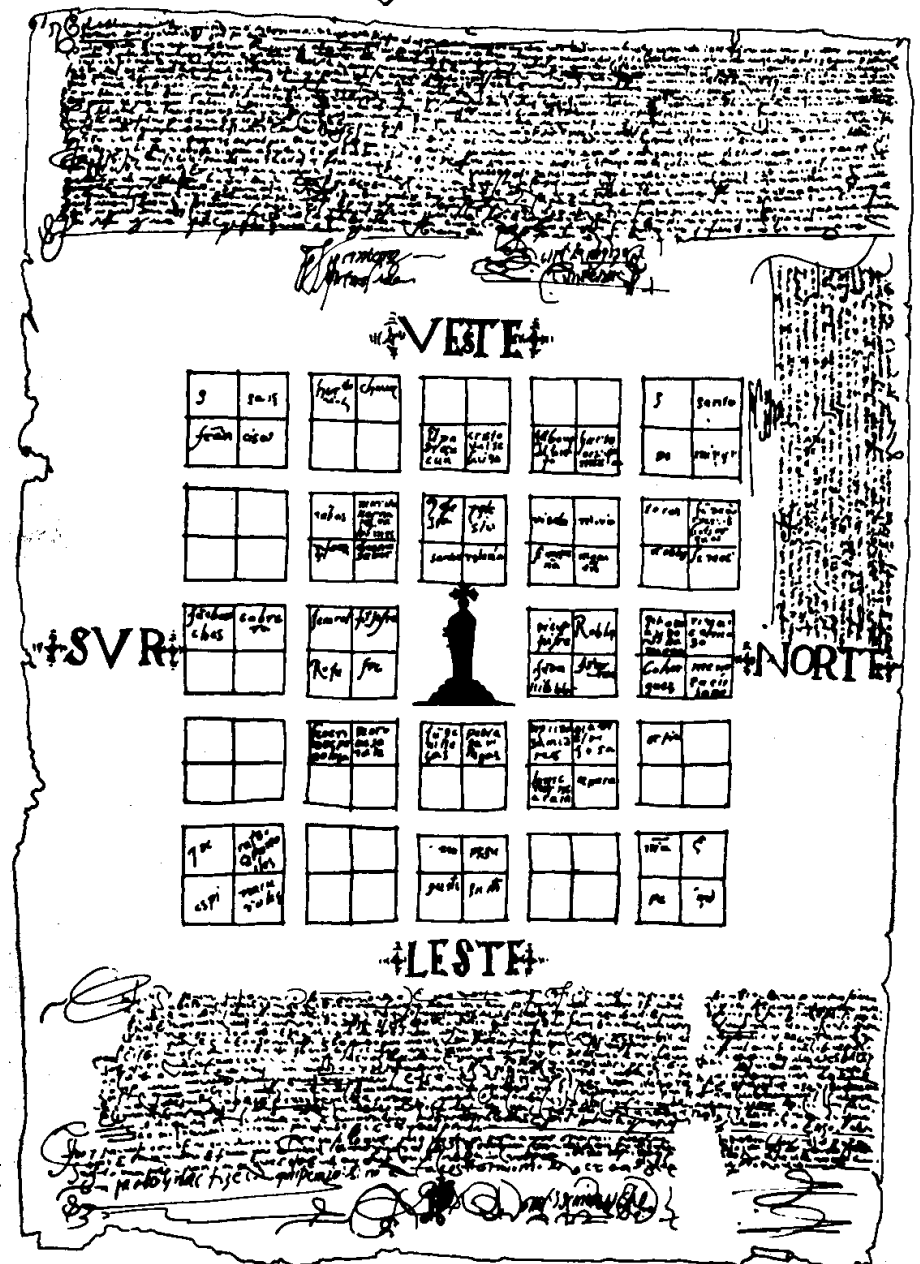



Figura 51 - A cidade colonial. Fonte: Galantay (1977).

Na cidade medieval encontram-se vários elementos que demonstram adaptação ao clima e ao lugar executados pelos habitantes. Segundo Mumford (1965), o morador urbano medieval, procurando proteção contra o vento do inverno, evitava criar "cruéis" túneis de vento, tais como a rua reta e larga. A própria estreiteza das ruas medievais tornava as atividades do homem ao ar livre mais confortáveis no inverno. Contudo, no Sul, a mesma rua estreita com amplos beirais protegia o pedestre contra a chuva e a radiação solar direta.

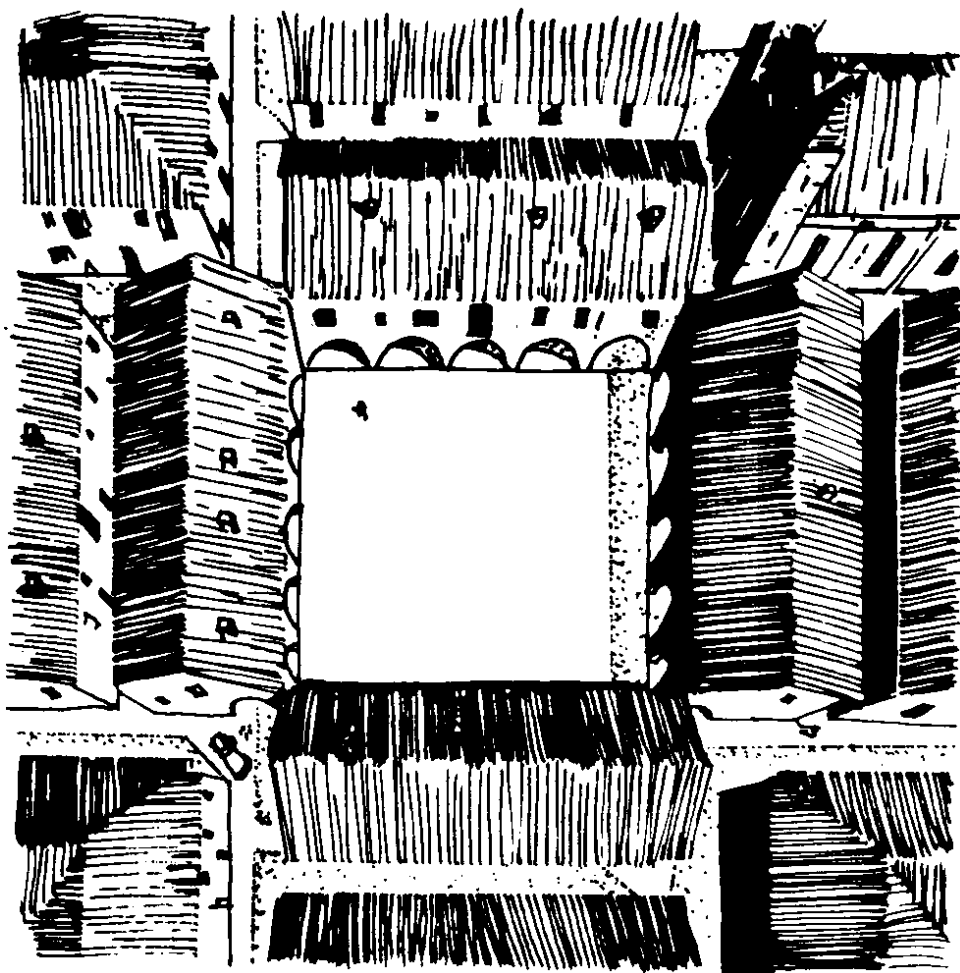



Figura 52 - Praça central da Bastilha de Mont Pazien. Fonte: Goitia (1982).

As ruas da cidade medieval eram não somente estreitas e muitas vezes irregulares, nelas eram também freqüentes as voltas abruptas e as interrupções. Quando a rua era estreita e tortuosa ou quando chegava a um beco sem saída, a planta quebrava a força do vento (Figuras 52 e 53).

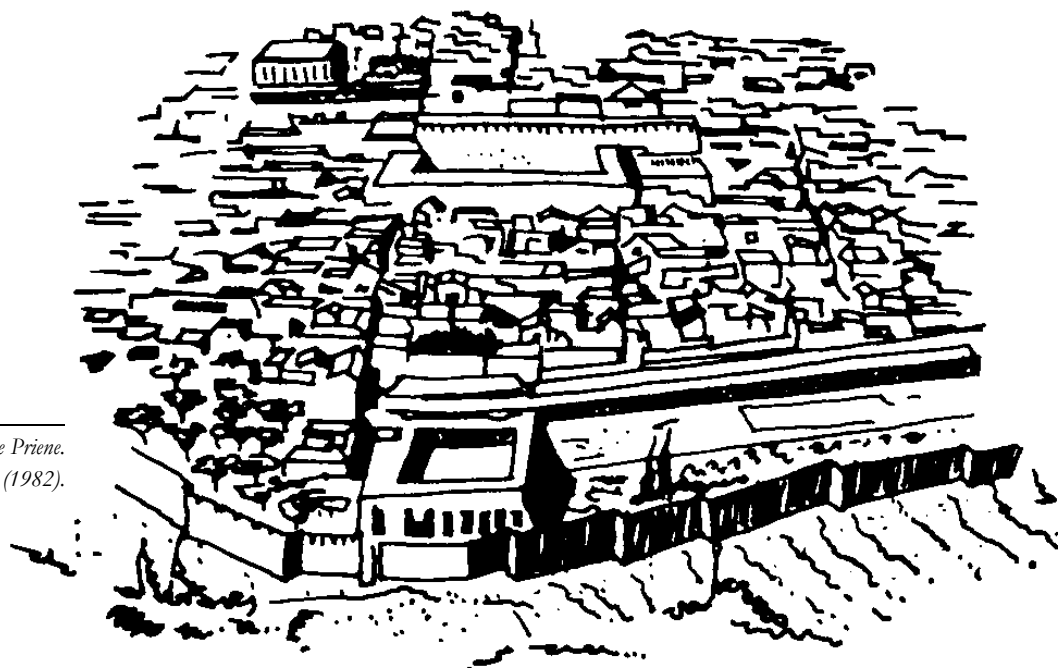



Figura 53 - Cidade de Priene. Fonte: Goitia (1982).

Cidade Colonial de Havana/Cuba

O pátio interno, de vital importância tanto cultural como climática para o mundo islâmico, é presença constante, em sua instância cultural, nas casas coloniais da América Espanhola. Nestas casas as habitações se organizam ao redor de um pátio e quase toda a vida familiar se desenvolve neste recinto. As casas coloniais do Peru, por exemplo, contêm vários pátios internos, que se fazem mais exclusivos à medida que se afastam da rua. Assim, ao primeiro pátio, acessível até de carruagem, tem acesso as visitas e nele se encontram as áreas sociais da família; no segundo, se agrupam os quartos e as saias íntimas; o terceiro fica para os serviços e para o desenvolvimento das atividades que sujam (cozinha, currais, banheiros). Fig. 50 Planta da cidade de Lima, 1683.Em Havana, Cuba, encontram-se estes pátios nas mansões da classe dominante do século XVIII. Aí, a família primitiva assume o papel de um complexo social estratificado (Figura 54).

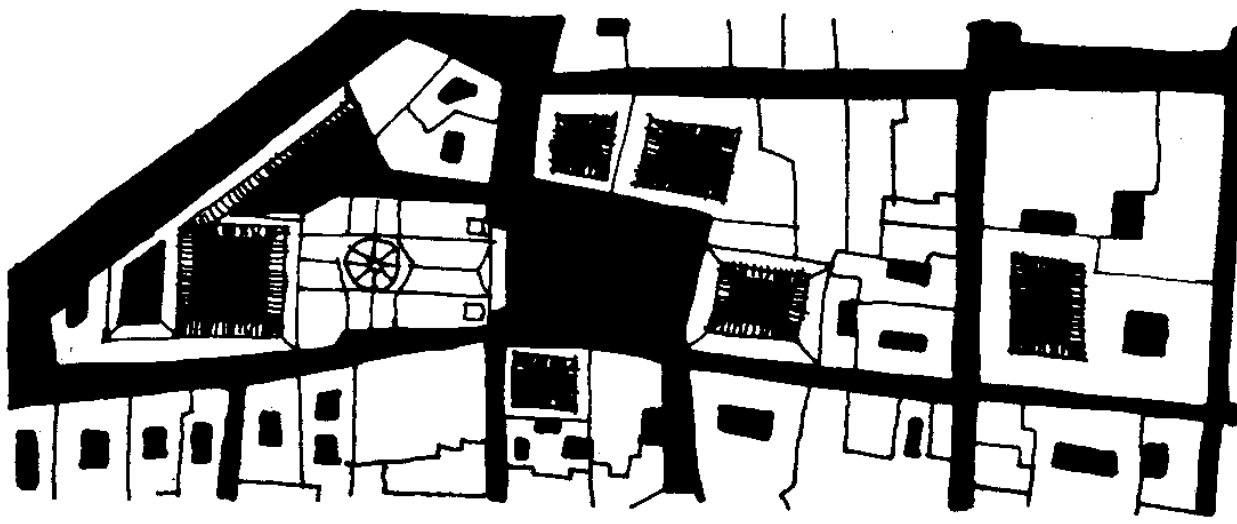



Figura 54 - Trechos da cidade (pátios internos). Fonte: La Habana (1974).

Áreas e galerias são os elementos integradores do tecido urbano: as galerias em arco apoiadas em colunas constituem o elemento-vínculo entre o espaço público e o privado.

Nesta cidade, o espaço externo ritmado pela seqüência de arcadas converte-se na ante-sala das residências. Existe uma continuidade entre ambiente externo e interno através dos planos das colunas.

Destaca este fato um escrito de Alejo Carpentier (1982:15) sobre a climatização ambiental que conseguem as colunas da cidade e o colorido das suas fachadas, que também traz uma severa crítica ao traçado atual que não demonstra preocupação com a proteção dos rigores climáticos.

{©"Urbanismo, urbanistas, ciência de la urbanización. Todavía recordamos Ias conjugaciones que de la palabra 'Urbanismo' se daban, con espesos caracteres entintados, en los yá clásicos artículos que publicaba Le Corbusier hace más de cuarenta años, en las páginas dei *Esprit Nouveau*. Tanto se viene hablando de urbanismo, desde entonces, que hemos acabado por creer que jamás ha existido, antes, una visión urbanística, o ai menos, um instinto dei urbanismo. Humboldt se quejaba en su tiempo, dei mal trazado de Ias calíes habaneras. Pero llega uno a preguntarse, hoy, si no se ocultaba una gran sabiduria en ese 'mal trazado' que aún parece dictado por Ia necesidade primordial - trópica - de jugar ai escondite cor ei sol, burlándoie superficies, arrancándole sombras, huyend de sus tórridos anuncios de crepúsculos, con una ingeniosa multiplicación de aqueilas 'esquinas de fraile' que tanto se siguen cotizando, aún ahora, en ia vieja ciudad de lo que fuera 'intramuros' hasta comienzos dei siglo. Hubo, además mucho embadurno - en azafrán oscuro, azul sepia, castafo~ claros, verdes de oliva - hasta los comienzos de este siglo. Pero ahora que esos embadurnos se han quedado en los pueblos de provincia entendemos, acaso, que eran una form dei brise-soleil, neutralizador de reverberaciones...

"Mal trazadas estarían, acaso, las calles de La Habana visitada por Humboldt. Pero las que nos quedan con todo y mal trazadas como pudieran estar, nos brindan una impresión de paz y de frescor que difícilmente hallar(amos en donde los urbanistas conscientes ejercieron su ciencia. La vieja ciudad es ciudad en sombras, hecha para la expiotación de las sornbras.

O ambiente e a escolha do sítio

Geralmente, as cidades surgem como resultado da conjugação de fatores sociais, políticos e econômicos, inicia-se casualmente o nuclearmente, que se desenvolve influenciado pelo comercio, indústria e localização, entre outros fatores.

Quando assim acontece, a cidade sempre precisa de grande investimentos para superar as condições desfavoráveis de localização. Exemplo disso são as cidades de México, Bangcoc, Estambul, Boston, Chicago, Amsterdã, Washington, onde os solos úmidos e moles prejudicam as fundações, favorecem as inundações, e onde também inexistem materiais de construção nas áreas próximas, e o clima, às vezes rigoroso não encontra canais de amenização (CODEPLAN: 1984). Apresenta-se o estudo da escolha do sítio para a capital Federal da República do Brasil como exemplo de análise local.

Cidade de Brasília

Para a localização da Nova Capital do Brasil procurou-se superar os problemas das cidades sem planejamento, baseando a seleção do sítio em fatores econômicos e científicos, bem como nas condições de clima e beleza.

Em 1954, a firma Donald J. Belcher and Associates foi contratada pelo governo brasileiro para executar os levantamentos necessários à definição do local, numa área de 50.000 km², previamente determinada do Estado de Goiás: um retângulo. Nele foram analisados cinco sítios denominados por cores (vermelho-verde-azul-castanho e amarelo), sendo que nenhuma era nitidamente superior ao outro; a escolha foi feita a partir de uma avaliação climática e geológica do lugar pela Comissão de Localização da Nova Capital Federal, presidida pelo Marechal José Pessoa.

Da escolha final realizada destaca-se a importância dada às características climáticas dos sítios, uma vez que o Sítio Castanho (o escolhido) era o que apresentava a combinação mais favorável das variáveis analisadas (Figura 55).

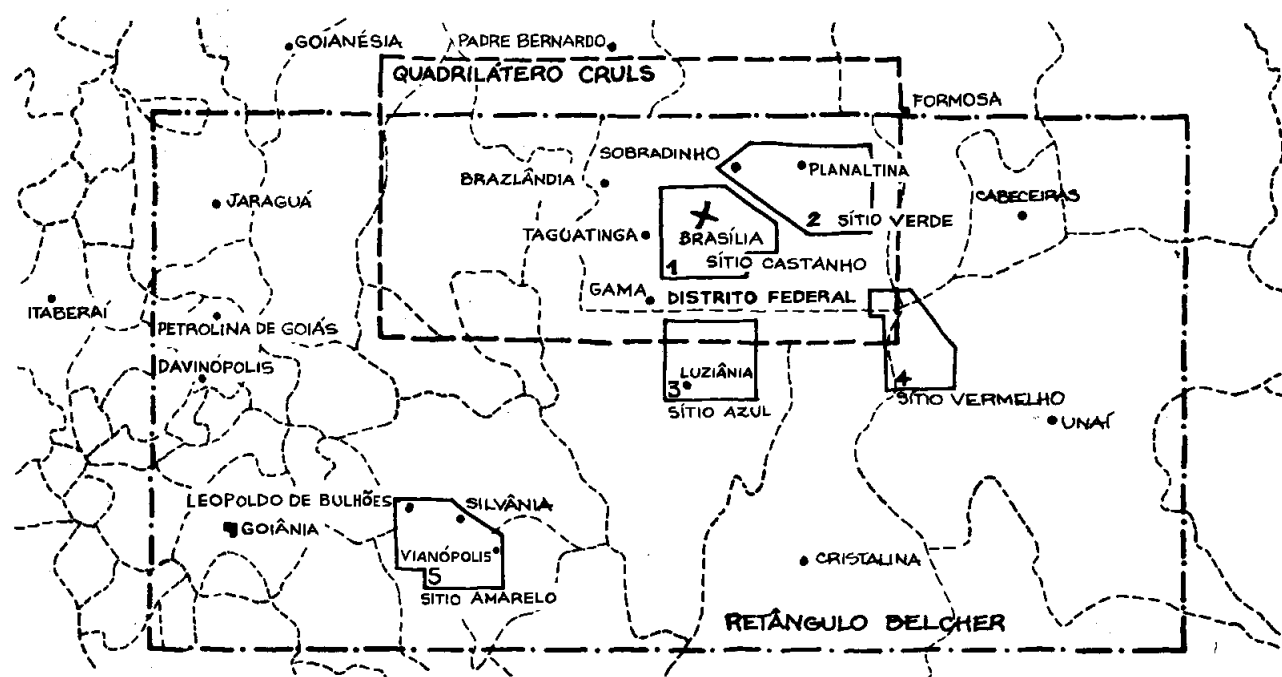



Figura 55 - Demarcação do Distrito Federal e os sítios.

A apreciação climática dos sítios foi baseada nas características de temperatura, umidade, precipitação, vento, cobertura de nuvens, altitude e conformação do relevo; num nível macroclimático, mesoclimático e microclimático.[1]

[1] Para os autores da análise (Belcher ando Associates), macroclima aplica-se às amplas considerações climáticas que permitam a previsão das condições meteorológicas para áreas de dimensões consideráveis. Mesoclima significa o clima intermediário – a zona entre as condições restritas e mais controladas do microclima e o aspecto mais amplo e geral do macroclima. Ele tem seu limite

O nível macroclimático colocou os sítios castanho-verde-vermelho-amarelo-azul nesta hierarquia descendente de preferência. Após esta classificação foi considerado o mesoclima de cada um. Os sítios vermelho, verde e castanho são susceptíveis das influências do mesoclima. Os sítios azul e amarelo são pouco afetados por influências locais. Eles sofrem de um ambiente mais monótono, que produz contrastes insuficientes para gerar um mesoclima. Restou estudar então as condições locais nos sítios verde, vermelho e castanho (CODEPLAN1984).

O Sítio Verde tem a desvantagem topográfica de ser um sítio de vale, orientado de tal forma que os ventos predominantes, nos meses quentes, sopram sobre e transversalmente a ele, transformando-o em uma poça de ar sensivelmente estagnado.

O Sítio Vermelho possui os contrastes topográficos e vegetativo que promovem fortes correntes de convecção. Estas parecem assegurar a circulação do ar na borda da chapada, mas também exigem que a cidade seja localizada à beira da mesma para usufruir desta vantagem.

O Sítio Castanho é um sítio convexo.[2] "É aberto a todas as influências dos ventos predominantes e, durante os períodos de calmaria, ele tem uma forma topográfica ideal para promover a drenagem do ar através do sitio da cidade, O ar se movimenta do planalto alto e seco através da área da cidade e se drena dentro do vale florestado do rio São Bartolomeu. Este vale florestado é de tamanho suficiente e fica a uma distância suficiente para não constituir uma desvantagem. A área do sítio é bem drenada, condição esta que reduzirá a umidade a um mínimo. Ela é coberta com uma floresta de árvores baixas e dessa forma reduzirá a temperatura do solo e a influência da radiação noturna" (CODEPLAN, 1984:243).

Sumário e conclusões

Neste capítulo foi abordado o equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente, O homem não é um elemento passivo em relação ao ambiente, ele realiza processos de trocas térmicas com o meio. Sobre a percepção térmica, fisiológica e comportamental do homem atuam os elementos climáticos, em especial a temperatura, a radiação e o movimento do ar. Inumeráveis modelos tentam medir as reações humanas e as condições térmicas de um ambiente. Para este fim foram elaborados índices ou escalas de conforto térmico por vários autores, dentre os quais se destacam Olgyay, Givoni (cartas bioclimáticas), Fanger (diagramas de conforto térmico), Houghton e Yaglou (diagramas de temperatura efetiva). Estes modelos, apesar de úteis, demonstram-se limitados para uma aplicação generalizada.

Para as regiões tropicais os modelos também devem ser desenvolvidos com base na realidade e na adaptação do homem ao local.

Além dos processos de trocas térmicas (perdas e ganhos de calor por condução, convecção e evaporação), o homem realiza abrigos que são a dimensão espacial das práticas sociais.

O abrigo foi analisado a partir de exemplos encontrados nas regiões de grandes amplitudes térmicas num clima quente-seco e em regiões de clima quente-úmido.

Nas regiões de clima quente-seco, as variáveis climáticas que precisam ser controladas são: insolação elevada, diferenças acentuadas de temperatura entre o dia e a noite, umidade relativa do ar baixa, ventos carregados de pó e areia. No clima quente-úmido, as variáveis são: intensa radiação solar, altas taxas de umidade do ar associada a temperatura elevada e grandes índices de precipitação.

Encontram-se respostas adequadas às exigências, em especial nos abrigos realizados de forma primitiva ou vernácula *(pueblos,* cidade em Honnan, cidade islâmica, abrigo Yagua) ou em abrigos realizados por arquitetos que demonstram crescimento e respeito pelas variáveis do meio e foram influenciados pelas práticas primitivas (David Wright, Hassan Fathy, Steve Baer, Severiano Porto).

---

superior à altitude aproximada de 150,. Microclima aprica-se às condições climáticas próximas à superfície do terreno: em geral o limite superior desta zona climática fica situado aproximadamente a 2m do terreno

[2] Segundo a regra proposta por A. Wolikoy (citada por Belcher), as áreas convexas possuem um clima moderado, enquanto as áreas côncavas têm um clima de extremos (CODEPLAN,1984).

Dos exemplos apresentados, destacam-se certos princípios básicos destas práticas: a harmonia do homem com a natureza e a associação íntima do abrigo com a terra.

Trabalhar com a inter-relação homem-meio ambiente-espaço construído não significa atentar somente para que as variáveis do clima sejam observadas. Meio é um conceito amplo e como tal deve ser entendido.

O espaço produzido deve manter estreitos laços com o entorno, procurando uma posição de equilíbrio ecológico auto-regulado com este, minimizando assim o impacto da intervenção no meio.

Ao mesmo tempo, o espaço produzido deve conter as diversas manifestações culturais e sociais do homem; a forma de vida da população deve ser contemplada. O entendimento do clima, do local, dos materiais locais e do homem pode contribuir para a recuperação do espaço para as práticas sociais.

Ao projetar um espaço externo que permita a permanência do homem neste, sem perceber os rigores do clima, pode-se estar favorecendo a realizaçao de práticas sociais que o atual espaço segregado não permite.

Porém, a preocupação com a adaptação do espaço construído ao meio leva a rever certos princípios de ordenação espacial próprios das cidades antigas. Estes princípios se demonstram necessários às práticas atuais, que não conseguem interpretar as necessidades do homem, sejam estas sociais ambientais etc.

Assim sendo, neste capítulo, também comparecem exemplos de cidades romanas, renascentistas, medievais, coloniais e seus regulamentos, que através do traçado permitem que o homem realize uma mediação com o espaço construído, O homem

aqui participa cotidianamente de um espaço mutável, imprevisível, diversificado, onde arcos e galerias apoiadas em colunas constituíam o elemento-vínculo entre o espaço público e o privado, onde perspectivas suavemente bloqueadas e outros elementos fornecem proteção e a climatização necessária para o desenvolvimento de atividades nos espaços externos.

Destaca-se também a importância que tem a topografia e o clima na escolha do sítio. Os exemplos de sítios inadequados para assentamentos são inúmeros (México, Washington, Amsterdã etc.). Como exemplo de escolha do sítio adequada apresentou-se Brasília.

3. Desenho Urbano

Marta Adriano B. Romero

Nos capítulos anteriores foram analisados os fatores climáticos globais e locais que dão origem ao clima, os elementos climáticos que definem o clima e as principais características que determinam os climas tropicais, segundo o ponto de vista construtivo dos assentamentos humanos. Foram examinados portanto, os diversos fatores e elementos do clima que definem as características do meio, no qual o homem desenvolve suas atividades procurando estabelecer seu equilíbrio térmico.

Foram analisados também os abrigos (os realizados de forma primitiva e os realizados por arquitetos influenciados por estas práticas) que demonstram uma resposta adequada às exigências do homem, não apenas as de origem climática como também as de ordem cultural e social. As práticas apresentadas demonstraram dois aspectos essenciais: a harmonia do homem com a natureza e a associação íntima do abrigo com o meio.

Neste capítulo são apresentados princípios de desenho urbano orientados pela concepção arquitetural do bioclimatismo*. Esta concepção é antes de tudo uma interação de vários elementos; climáticos, do lugar, de uma cultura, com a finalidade de criar ou recriar ambientes urbanos.

Na arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio através de sua envoltura (paredes, pisos, coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombras, terra) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para melhor controle do vento e do sol.

No conceito de arquitetura bioclimática, o edifício é um filtro; dos fluxos energéticos que permite uma interação apropriadamente o ambiente externo e o interno. Seus espaços internos não possuem uma função determinada, estabelecendo-se dentro deles certo "nomadismo" para acompanhar as estações do ano e o movimento aparente do sol, e levando a uma participação ativa do homem na climatização de seu abrigo.

Estas concepções bioclimáticas podem ser aplicadas ao espaço urbano, de forma que os ambientes urbanos resultantes possam se transformar também em filtros dos elementos do clima adversos às condições de saúde e conforto térmico do homem Para que isso aconteça, todo o repertório do meio ambiente urbano (edifícios, vegetação, ruas, praças e mobiliário urbano deve conjugar-se com o objetivo de satisfazer às exigências do conforto térmico para as práticas sociais do homem.

São apresentados informações e princípios gerais para o desenho urbano e princípios bioclimáticos de desenho para três tipos principais de clima encontrados nas regiões tropicais tendo em vista os aspectos construtivos: quente-seco, quente-úmido e tropical de altitude.

A apresentação corresponde ao roteiro utilizado por Olgyay (1968) no estudo de cinco cidades da Colômbia, do qual foram feitas adaptações para atender aos objetivos desta dissertação.

Na Tabela 3 estão esquematizadas as características principais de três tipos de climas, ou de estações encontradas nas regiões tropicais: quente-seco, quente-úmido e o clima mais ameno dos planaltos. Aí comparecem os elementos do clima que devem ser controlados através do desenho urbano.

* Bioclimatismo associa biologia, ecologia, climatologia (ver Cap. 1).

Tabela 5 – Elementos do clima a Serem Controlados

Elementos a controlar	*Estações quente-secas*	*Estações quente-úmidas*	*Clima ameno dos planaltos*
Temperatura	Reduzir a produção de calor devido a condução e convecção dos impactos externos.	Reduzir a produção de calor (diminuir a temperatura) Procurar perda de calor pela evaporação e pela convecção.	Reduzir a produção de calor na época seca diurna.
Ventos	Nas regiões sem inverno: diminuir o movimento do ar durante o dia e ventilar à noite. Nas regiões com inverno: diminuir o movimento do ar.	Incrementar o movimento do ar.	Incrementar o movimento do ar no período úmido e no período seco sem pó.
Umidade	Aumentar a umidade com a introdução de superfícies de água.	Evitar a absorção de umidade e diminuir a pressão de vapor. Promover a evaporação.	Aumentar a umidade na época seca diurna e noturna.
Radiação	Nas regiões sem inverno: reduzir a absorção de radiação e promover sua perda. Nas regiões com inverno: reduzir as perdas de calor por radiação à noite.	Reduzir a absorção de radiação.	Reduzir a absorção de radiação no urbano, permitindo a radiação nos edifícios principalmente no período seco.
Chuvas	Mínima proteção nos espaços públicos.	Máxima proteção nos espaços públicos.	

Da Tabela 3 foram extraídos os dados principais para elaboração da Tabela 5 que mostra, esquematicamente, quais os elementos do clima a serem controlados e o tipo de controle que deve ser feito através do desenho urbano, para diferentes condições de clima e/ou microclima. Estes nortearão a apresentação dos princípios bioclimáticos para o desenho urbano.

Informações e Princípios Gerais

Independentemente do tipo de clima nas regiões tropicais existem alguns princípios gerais que devem ser considerados quando se incorpora a preocupação bioclimática ao desenho urbano.

Estes princípios estão organizados para controlar os elementos climáticos que exercem grande influência no equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente, quer dizer, a radiação e a ventilação, e para auxiliar este controle estão também informações e princípios para um fator climático local: a vegetação.

As ilustrações apresentadas complementam as informações e introduzem os princípios.

A Radiação

Informações

Considerado um determinado espaço, este receberá, além das radiações solares diretas e difundidas pela atmosfera, os raios solares refletidos pelas superfícies que o cercam (solo, paredes das construções vizinhas e outros anteparos externos), assim como a influência das modificações trazidas pelo microclima formado em torno dele (Figura 56).

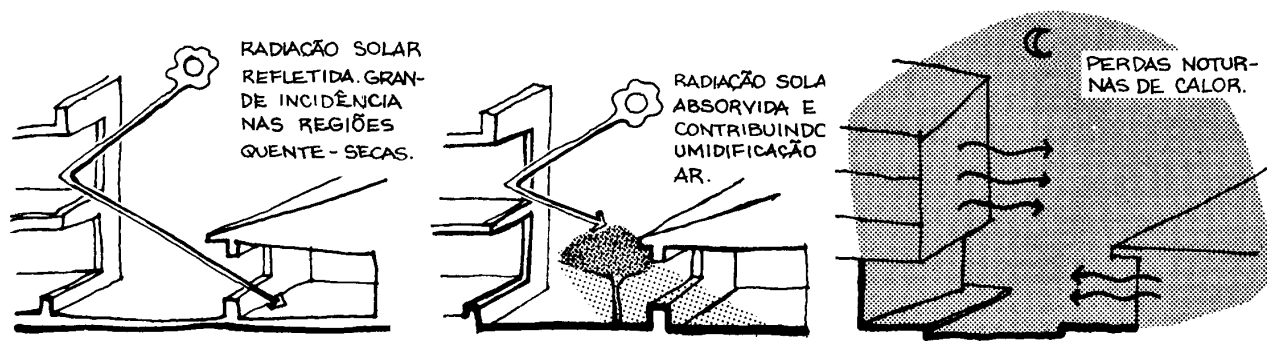



Figura 56 – A radiação incidente nos espaços construídos.

A intensidade da radiação solar cresce com a altura do sol, atingindo seu máximo quando este está a 90º. acima do horizonte, decrescendo novamente quando de ângulos menores. Esta radiação é em parte absorvida e em parte refletida. A noite, quando cessa a radiação solar direta, os espaços construídos perdem calor pelas suas faces externas em emissões secundárias de grande comprimento de onda (Figura 57).

Figura 57 – Mecanismos de absorção e trocas de calor nas áreas centrais urbanas.

Princípios Para o Controle Da Radiação

A radiação solar refletida pelas superfícies num espaço densamente ocupado pode ser minorada pelo uso de materiais e cores pouco refletivos, de vegetação que absorve a radiação solar e a utiliza na evaporação que se processa nas folhas, sem elevar a temperatura de suas superfícies e aumentando a umidade do meio. Nas regiões de clima com inverno rigoroso a vegetação deve permitir a passagem da radiação solar no interior das habitações nos períodos frios.

Figura 58 – Elementos que os ganhos de temperatura nas superfícies do ambiente.

Além dos materiais e cores pouco refletivos, uma fachada irregular e coberturas vizinhas não planas contribuem também para minorar os efeitos de reflexão da radiação solar (Figura 58).

Nas regiões que possuem grandes diferenças de temperatura entre o dia e a noite e com temperaturas noturnas muito abaixo da faixa de conforto térmico (noites frias), não é interessante a perda rápida, à noite, do calor acumulado durante o dia; pode-se, portanto, introduzir elementos na edificação, tais como varandas, alpendres para que a construção, no seu conjunto, crie, à noite, barreiras contra o esfriamento rápido. Forma-se ao redor dos lugares de permanência da família uma espécie de invólucro protetor. Estes elementos, por outro lado, não devem impedir a penetração solar no período com noites frias (inverno), mas, por outro, devem impedir a penetração dos raios solares nos períodos quentes (verão) (Figuras 59 e 60).

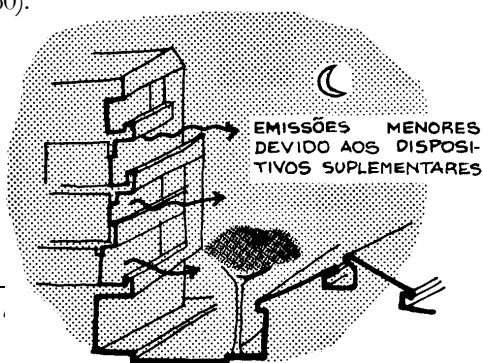



Figura 59 – Perda calor noturno.

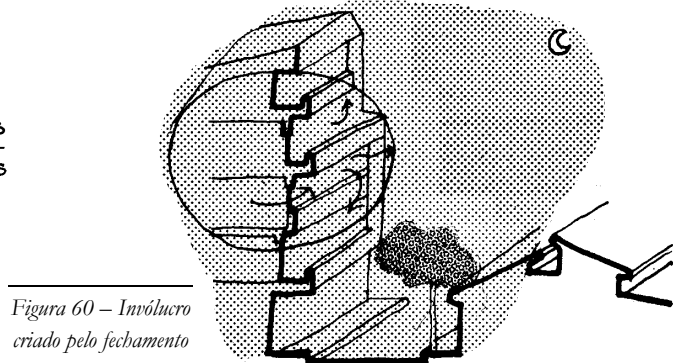



Figura 60 – Invólucro criado pelo fechamento

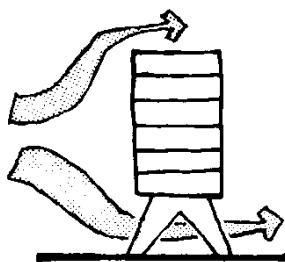
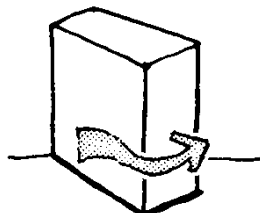
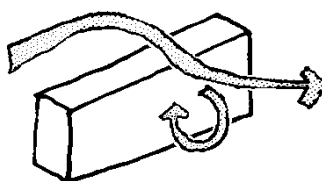
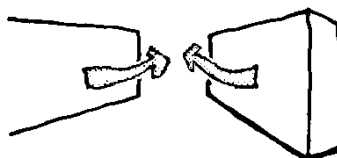
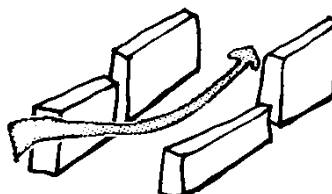
A ventilação à noite dos espaços construídos nas regiões de climas quente-seco sem inverno rigoroso é importante porque a ventilação remove o calor acumulado nas superfícies durante o dia, reduzindo, assim, a emissão de radiações secundárias sendo, neste caso, sempre importante a criação de barreiras contra a radiação solar. escala microclimática afeta especificamente os pedestres e as edificações (aumentando as perdas de calor por convecção ou levando calor e poeira).

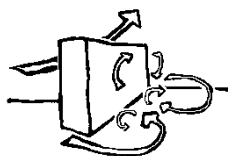
A Ventilação - Informações

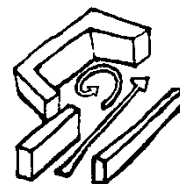
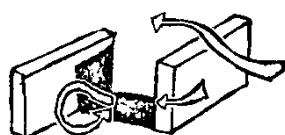
O aproveitamento do vento para a ventilação urbana nos climas das regiões tropicais é fundamental e vai depender do meio que pode alterar as características próprias do vento dominante. O movimento do ar no meio urbano está em relação direta com as massas edificadas, a forma destas, suas dimensões e sua justaposição. O movimento do ar numa escala microclimática afeta especificamente os pedestres e as edificações (aumentando as perdas de calor por convecção ou levando calor e poeira).

O fenômeno pode ser controlado mesmo quando não tenha comparecido como condicionante do desenho urbano, através da otimização dos volumes edificados, da introdução da vegetação, de movimentos de terra, do mobiliário urbano etc.

Existe uma série de efeitos aerodinâmicos do vento sobre as massas construídas. Estes foram analisados por J. Gandemer e deram origem a conselhos práticos para controlar os efeito não desejados no momento do projeto.

Os principais efeitos produzidos, segundo Gandemer/Guyot, seriam: efeito de pilotis, efeito de esquina, efeito de "esteira" efeito de redemoinho, efeito de barreira, efeito de Venturi, efeito das zonas de pressão diferente, efeito de canalização efeito de "malha" e efeito de pirâmide. Estes efeitos são apresentados esquematicamente no Quadro 2, e posteriormente os princípios para atenuar os efeitos não desejados do vento.

Efeito de pilotis
Fenômeno de corrente de ar sob o imóvel. A entrada se faz em forma difusa, mas a saída é a jato.

Efeito de esquina
Fenômeno de corrente de ar nos ângulos das construções.

Efeito de barreira
Fenômeno de corrente de ar com desvio em espiral.

Efeito de Venturi
Fenômeno de corrente de ar formando um coletor dos fluxos criados pelas construções projetadas num ângulo aberto ao vento.

Efeito de canalização
Fenômeno de corrente de ar que flui por um canal a céu aberto formado pelas construções.

Outros efeitos não analisados

Efeito de esteira

Efeito de redemoinho

Efeito de malha

Efeito das zonas de pressão diferente

Efeito de pirâmide

Quadro 2 – Efeitos aerodinâmicos do vento.

Efeito de Pilotis

Os edifícios com pilotis são aconselháveis para áreas densamente construídas, uma vez que, através das aberturas destes, os fluxos de ar atingem outros edifícios localizados sotavento (Figura 61).

Os efeitos indesejáveis do efeito de pilotis (jatos de ventos) podem ser atenuados:

- Se os edifícios procuram uma orientação paralela ao vento dominante;
- Se a base do edifício é forrada com vegetação ou construção;
- Se se evitam os pilotis de forma contínua;
- Se se dividem os fluxos de ar à beira das construções, através do aumento da porosidade do edifício.

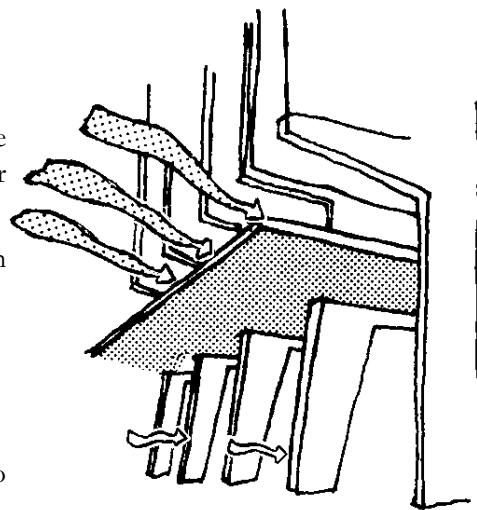



Figura 61 – Efeito de pilotis. Adaptado de Gandemer.

Devem, no entanto, ser tomados cuidados para que os procedimentos para a atenuação do efeito de pilotis não venham reduzir sobremaneira a sua porosidade e impedir a passagem do vento.

Efeito de Esquina

Nas áreas densamente construídas deve ser evitado o efeito de esquina (corrente de ar nos ângulos das construções), particularmente desconfortável para o pedestre, através dos seguintes procedimentos:

- Contornar o volume com um elemento ao nível do solo;
- Contornar o elemento elevado com construções em vários níveis decrescentes;
- Arredondar os cantos para diminuir o gradiente (medida de variação) horizontal das velocidades médias;
- Prever elementos porosos próximos das esquinas;
- Adensar com vegetação ou construções baixas a vizinhança imediata das esquinas (figura 62).

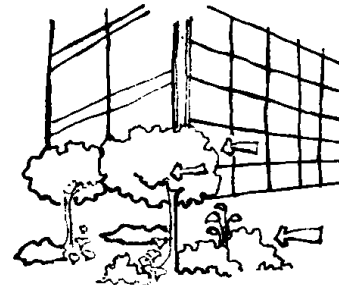
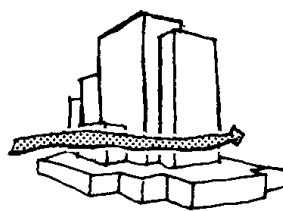
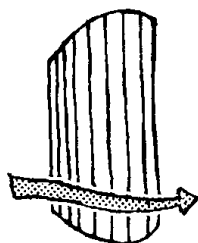



Figura 62 – Controle de Efeito de Esquina. Adaptado de Gandemer.

Efeito de Barreira

A proteção dos ventos não devem, porém, impedir a ventilação dos espaços urbanos, ao implantar-se um conjunto de prédios. Se colocados perpendiculares à direção do vento, recebem no seu lado exposto 100% da massa de ar, enquanto se colocados a 45º recebem 50% (Olgyay, 1968); ver Figura 63.

Figura 63 – Conjunto de prédios e o vento. Fonte: Olgyay (1968).

As proteções dos ventos geralmente se realizam com o desenho de barreiras, seja de edifícios, seja de árvores.

As aberturas entre as barreiras são zonas críticas de correnteza. Segundo Gandemer existe um espaçamento crítico: aproximadamente duas alturas. Os espaçamentos inferiores à altura ou superiores a duas alturas são recomendáveis (Figuras 64 e 65).

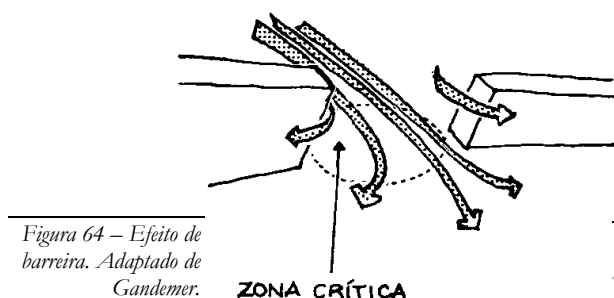



Figura 64 – Efeito de barreira. Adaptado de Gandemer.

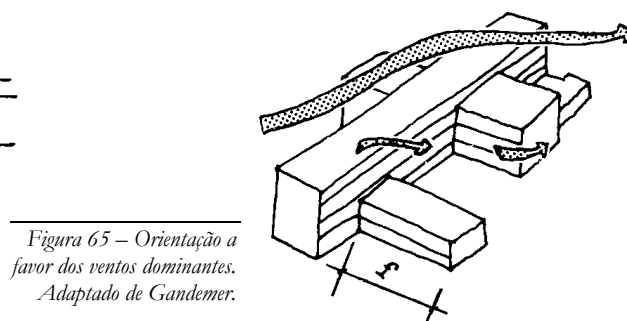



Figura 65 – Orientação a favor dos ventos dominantes. Adaptado de Gandemer.

Ainda segundo Gandemer, os efeitos de barreiras (desvio em espiral da passagem do vento) podem ser evitados a partir de:

- Dotar ortogonalmente as barreiras de elementos construídos tais que (f) seja mais que duas vezes a altura;
- Fazer justaposição de construções espaçadas a duas vezes a altura; a porosidade é tal que não se configura uma barreira.

Efeito de Venturi

Nas regiões em que a necessidade de ventilação é alta, as áreas densamente construídas, onde se concentram uma grande quantidade de prédios em altura, produzem outro efeito aerodinâmico do vento que pode ser controlado ou evitado: o Efeito de Venturi (fenômeno de coletor dos fluxos formado pelas construções projetadas num ângulo aberto ao vento). A zona crítica desta configuração situa-se no estrangulamento. Edificações com cantos arredondados aumentam o efeito (Figura 66).

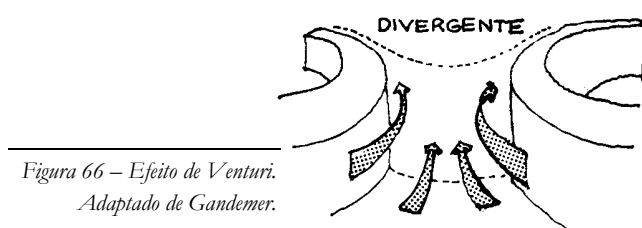
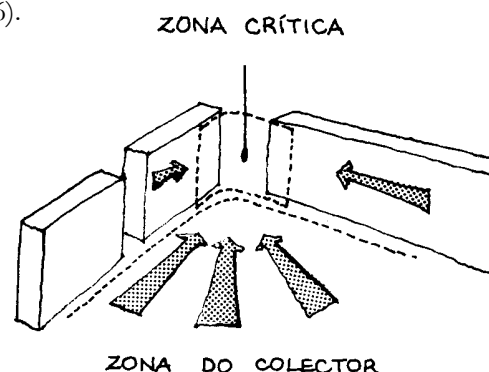



Figura 66 – Efeito de Venturi. Adaptado de Gandemer.

Este efeito pode ser atenuado se:

- Se realizam os braços porosos: espaçamento entre as construções que constituem o braço, maior que altura média;
- Não se coloca a bissetriz da abertura do coletor, seguindo os ventos dominantes;
- Se construir na menor altura possível;
- Se reduzir o comprimento dos braços;
- Se adensar o entorno imediato;
- Se abrir ou fechar o ângulo de Venturi.

Efeito de canalização

O canal se forma quando os espaços construídos apresentam paredes pouco porosas e um espaçamento igual ou inferior ao espaçamento das construções. Com uma porosidade superior a 5% o canal não mais se constitui (Figura 67).

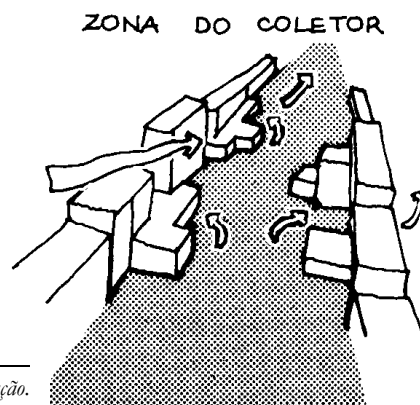



Figura 67 – Efeito de canalização. Adaptado de Gandemer.

Segundo Gandemer, evita-se o efeito de canalização a partir de:

- Traçado urbano com ruas sob uma incidência compreendida entre 90º. E 45º.;
- Espaçamentos (porosidades) definindo mal as ligações entre o tecido urbano;
- Afastamentos das construções para introduzir as perdas de carga;
- Espaçamentos de largura superior a duas vezes a altura das edificações.

A Vegetação – Informações

A vegetação deve ser estudada não só em relação ao espaço urbano como um todo, mas devem ser analisados seus efeitos sobre a circulação do vento no interior dos edifícios. Em geral, a vegetação deve proporcionar sombra quando esta é necessária, sem no entanto interferir com as brisas e, essencialmente, auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo do calor latente por evaporização.

Princípios de Controle das Variáveis do Meio Através da Vegetação

A vegetação numa cidade deve ser de forma que realize efetivamente seu papel depurador e de fixação de contaminantes e poeira, através do processo de fotossíntese e a partir de seus próprios elementos constitutivos (materiais oleosos em suspensão nas folhas e ao fenômeno eletroestático; Figura 68).

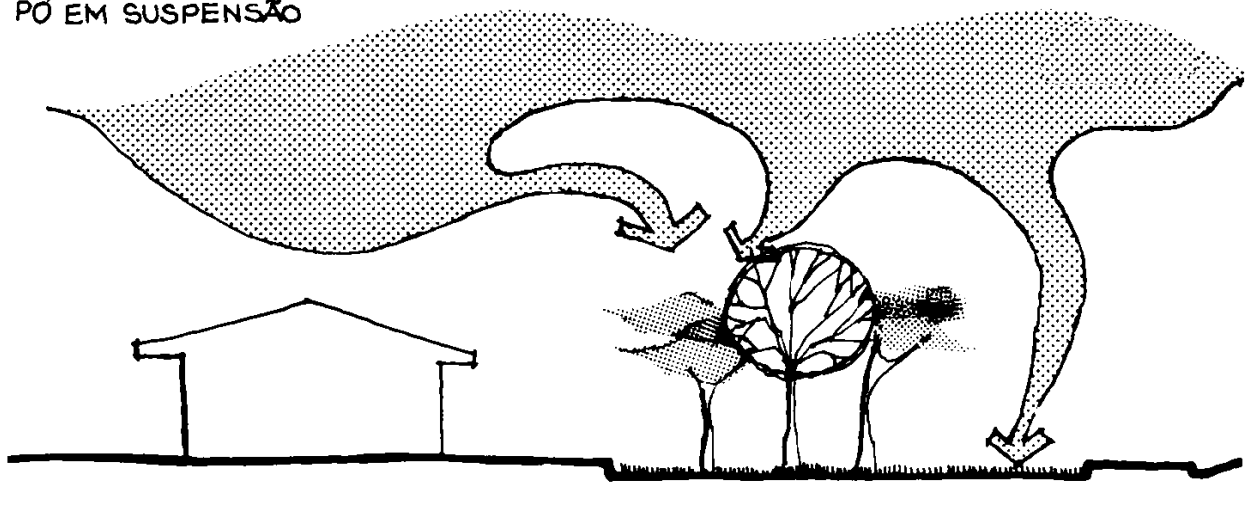



Figura 68 – Efeito de fixação de pó pela vegetação.

A vegetação deve ser utilizada para proporcionar sombreamento quando este é necessário, atenuando, assim, os efeitos da radiação solar. A vegetação em relação à radiação atua como um filtro das radiações absorvidas pelo solo e pelas superfícies construídas, refrescando os ambientes próximos, uma vez que a folhagem das árvores atuam como anteparos protetores das superfícies que se localizam imediatamente abaixo e nas proximidades (Figura 69).

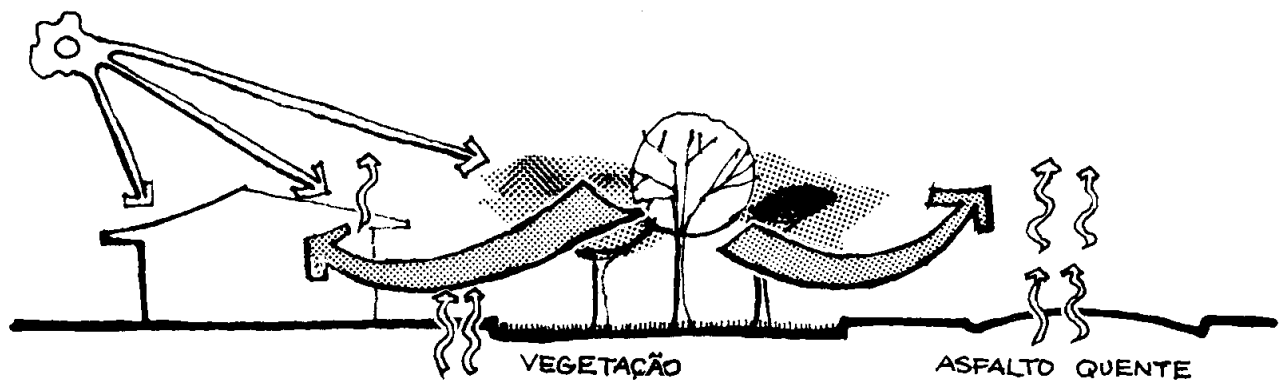



Figura 69 – Efeito refrescante da vegetação.

A eficácia do desempenho da vegetação depende diretamente das espécies escolhidas, que podem responder às exigências tanto de captar sol no inverno como de proteger do sol no verão. Para isto, a utilização de espécies que percam as folhas no inverno (em regiões com inverno frio) e deixem atravessa diretamente a radiação solar é recomendável, uma vez que estas mesmas árvores vão impedir a radiação solar direta no verão (Figura 70).

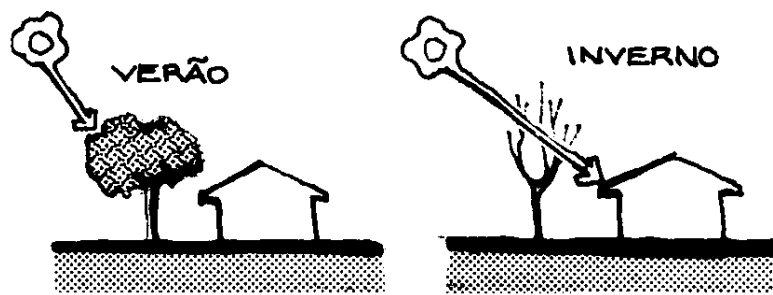



Figura 70 – A vegetação apropriada.

A vegetação deve também ser utilizada para controlar os ventos indesejáveis; para tanto, a constituição de uma barreira vegetal é recomendável. As barreiras vegetais podem aumentar ou diminuir o vento nas zonas situadas perto do solo; por este motivo, a solução de espécies que constituem a barreira é fundamental (Figura 71).

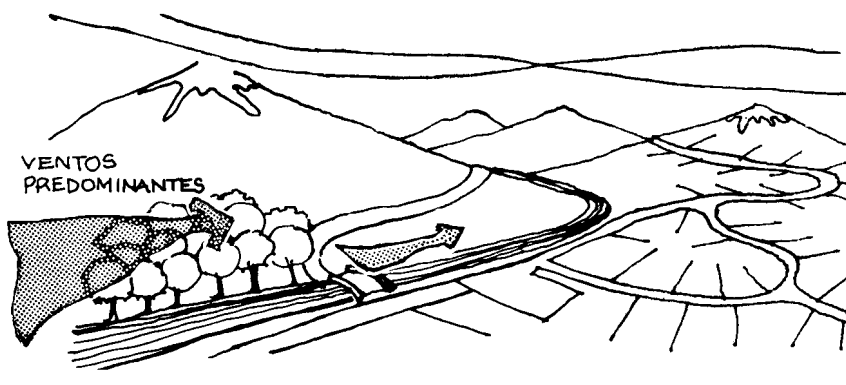



Figura 71 – Efeito moderador da grama.

Uma fileira de árvores localizada na direção dos ventos dominantes apresenta uma massa de folhagem rarefeita nas primeiras árvores. Apresenta também uma diferença de crescimento em altura devido à pressão exercida pelo vento (Figura 72).

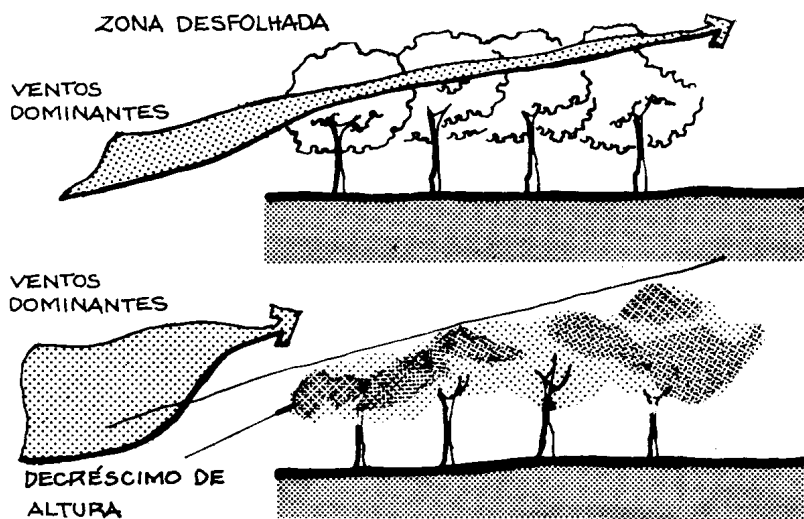



Figura 72 – Efeitos do vento numa barreira vegetal. Adaptado de Izard/Guyot

A vegetação se faz necessária nos espaços abertos, para que através de árvores e arbustos fiquem delimitadas porções menores do espaço de plena utilização. Por exemplo, numa superquadra ou num conjunto habitacional, os espaços no interior das quadras, se não possuem anteparos (quando os edifícios estão sobre pilotis), deixam atravessar os ventos e muitas vezes os canalizam, aumentando sua velocidade(Figura 73).

Figura 73 – Barreira de vegetação.

A vegetação deve substituir quando possível qualquer tipo de pavimento, favorecendo a retenção da escassa umidade contida no ar nas épocas secas, das regiões de clima quente-seco.

Nas regiões tropicais procurar-se-á um tipo de pavimento para as ruas que tenham um baixo índice de absorção da radiação solar. O asfalto possui um dos mais altos índices de absorção e, posteriormente, irradia o calor armazenado para o ambiente.

A temperatura sobre uma superfície de grama em dias ensolarados de verão fica reduzida entre 5º. a 7ºC em relação à superfície construída (Olgyay, 1968:56). Portanto, as superfícies gramadas devem substituir as pavimentadas para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas (Figura 74).

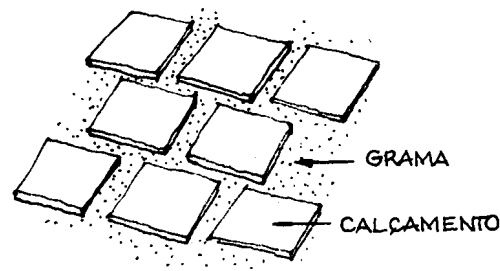



Figura 74 – Calçamento entremeado de grama.

Os broquetes ou outro tipo de calçamento podem ser assentados de forma tal que fiquem espaços preenchidos com grama.

As calçadas podem ser realizadas em placas de concreto, porém cada quadro separado por pedras assentadas em terra ou por grama.

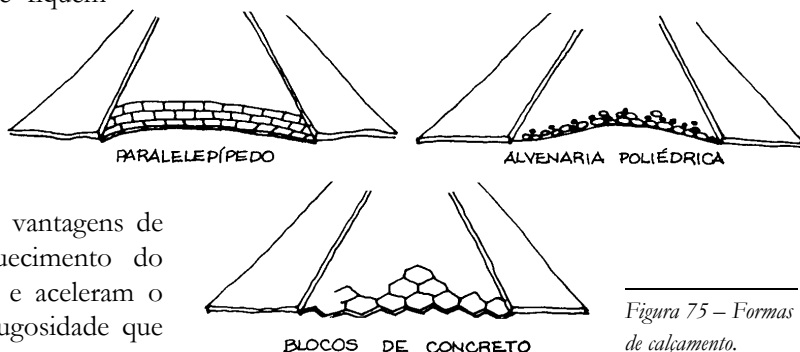



Figura 75 – Formas de calçamento.

Estas formas de calçamento, além das vantagens de não contribuírem para um maior aquecimento do ambiente, auxiliam eficazmente o dreno e aceleram o escoamento das águas pluviais, dada a rugosidade que apresentam (Figura 75).

Princípios Para as Regiões Tropicais Quente-Secas

Nestas regiões verificam-se grandes variações climáticas diuturnas, e as exigências dos períodos quentes são quantitativamente maiores que as dos períodos frios. Os ventos possuem relativa importância. A radiação solar é intensa e a difusa é baixa. As massas de ar quente conduzem partícula' de pó em suspensão e a umidade é baixa.

As regiões tropicais de clima quente-seco não se apresentam uniformes, faz-se necessário, portanto, uma separação entre as regiões que apresentam um inverno rigoroso (baixas temperaturas e ventos frios) e as que apresentam um inverno com temperaturas não muito baixas ou carecem de inverno. Para facilitar esta separação falar-se-á de regiões quente-secas com inverno, e sem inverno, respectivamente.

Nestas regiões, o equilíbrio ecológico é frágil, solicitando especial atenção a ordem subjacente, quer dizer, a particular associação entre animais e plantas, a forma da topografia, a existência ou ausência de água, a qualidade da luz e da propagação do som e, em especial, os dados climáticos específicos, cuidando sobretudo da direção predominante dos ventos no verão e no inverno.

Nas regiões com inverno o controle deve tender a diminuir a temperatura e o movimento do ar durante o dia. A noite, as perdas de calor por radiação noturna devem ser minimizadas Nestas regiões, o controle deve tender a diminuir a temperatura o movimento do ar, a absorção de radiação e promover sua perda; em ambos os casos, o controle deve tender a aumentai a umidade. O controle deve dar-se em duas grandes linhas: pelo conforto e pela qualidade do ar.

Princípios Para a Escolha do Sito – Localização / Ventilação / Insolação

Nas regiões com inverno, a localização deve proteger-se contra o vento nas épocas ou horas frias, contra o sol no período quente e captar o sol no período frio. Nestes casos, a proteção de encostas ou outras barreiras naturais ou construídas são necessárias para o conforto térmico no interior do tecido urbano (Figura 76).

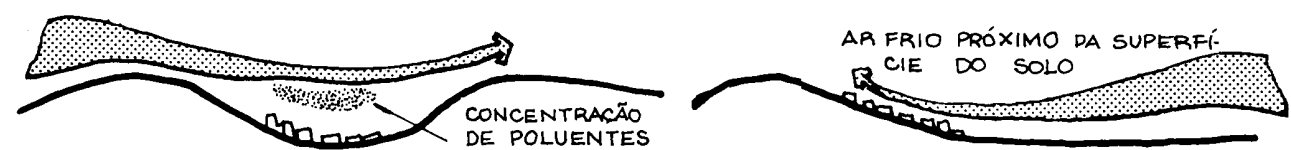
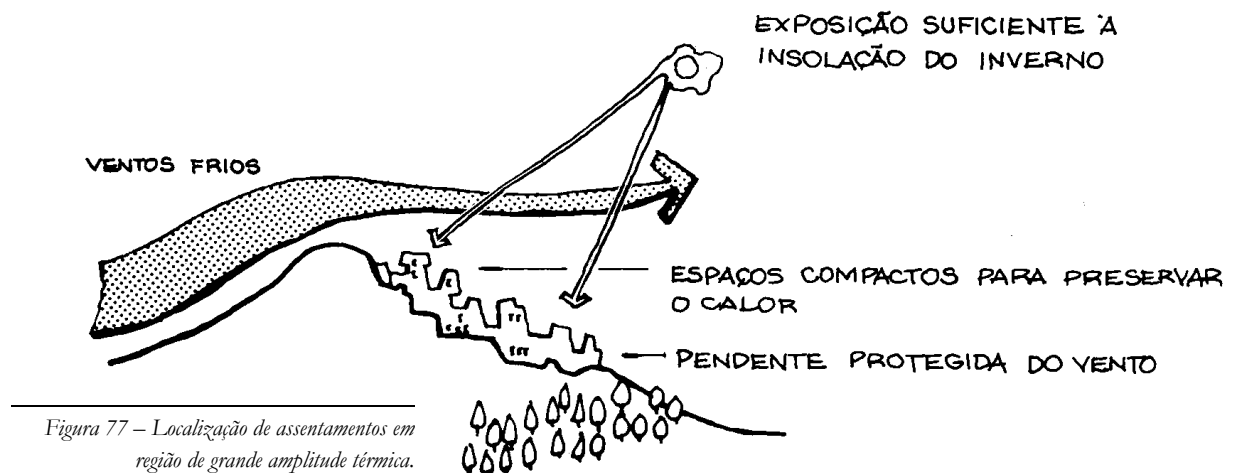



Figura 76 – A localização e os ventos.

Nas regiões sem inverno, a localização deve aproveitar as depressões para beneficiar-se dos fluxos de ar frio que aí se verificam, mas devem ser evitadas as depressões do tipo fundo de vale, uma vez que, nestes lugares, a ventilação se faz extremamente necessária para evitar a concentração de poluentes que aumentam a temperatura urbana.

Nestas regiões verificam-se grandes flutuações diárias de temperatura, por isso a orientação adquire grande importância. Geralmente será mais recomendável uma exposição que capte a radiação pela manhã e furte a da terra.

Em latitudes maiores, a Orientação Norte é aconselhável no Hemisfério Sul, e a Orientação Sul no Hemisfério Norte que protege dos ventos frios do Norte (ver exemplos dos *pueblos).* O cuidado com os ventos junto às preocupações com a insolação deve ser prioritário, já que os ventos nestas regiões carregam pó em suspensão e são extremamente quentes, não favorecendo o resfriamento das superfícies construídas, mas sim aquecendo-as. A insolação excessiva pode ser controlada pela forma do tecido urbano e a forma dos edifícios (Figura 77).

Figura 77 – Localização de assentamentos em região de grande amplitude térmica.

Se se verifica a existência de uma superfície de água nas proximidades do assentamento, a localização e orientação devem procurar o sentido dos ventos que atravessem essa superfície para levar ar umidificado ao interior do tecido urbano, ao mesmo tempo que devem encerrá-lo, criando o efeito pátio.

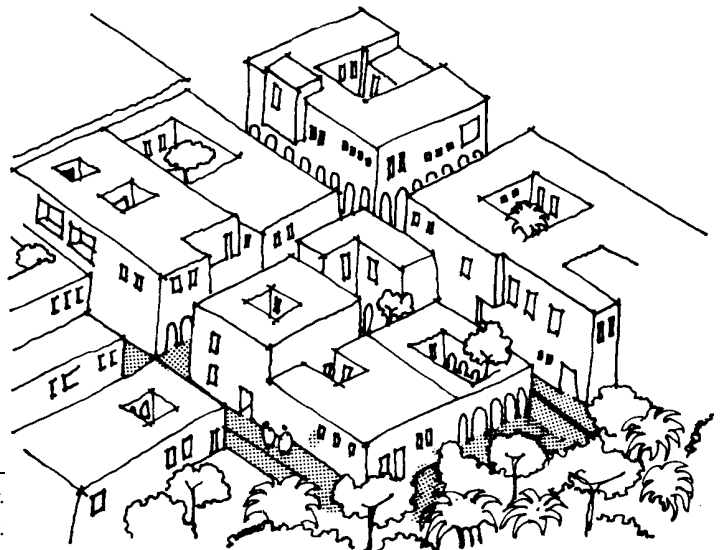
Devem ser evitadas as declividades acentuadas, que escoam rapidamente a água das escassas chuvas, O dreno rápido da terra aumenta seu albedo e diminui sua condutibilidade, tornando o clima local mais instável, ao mesmo tempo que reduz a umidade e o efeito refrescante da evaporação do solo se perde.

Devem ser favorecidas as ondulações suaves, naturais ou construídas para permitir a armazenagem da umidade, diminuindo desta forma o albedo das superfícies secas e claras que possuem uma alta capacidade de reflexão da radiação solar incidente, que, aliada à atmosfera clara, atua quase como um espelho.

A Morfologia do Tecido Urbano – A Forma

Nas regiões quente-secas sem inverno, a ocupação do espaço deve ser densa e sombreada. A forma deve ser compacta e oferecer a menor superfície possível para a exposição à radiação solar (Figura 78).

Nas regiões com inverno, a ocupação do espaço deve ser densa e oferecer superfícies para a exposição ao sol nos períodos frios.

Figura 78 – O traçado das regiões quentes-secas. Adaptado de Van Lengen.

As Ruas

Estas devem ser estreitas e curtas com mudanças de direção constantes para diminuir e impedir o vento indesejável carregado de pó em suspensão.

Nas ruas com orientação desfavorável, onde exista uma face da rua fria no inverno (não recebe insolação direta) e extremamente ensolarada no verão, a utilização de elementos arquitetônicos, como marquises, beirais amplos, galerias, se faz imprescindível uma vez que a vegetação não resolveria a situação do ambiente quanto ao sombreamento (Figura 79).

A orientação para as ruas que permitem sombrear um lado é aconselhável, favorecendo assim os deslocamentos de pedestres.

Os Lotes

Nas regiões quente-secas, os lotes devem ser estreitos e longos, e as edificações contíguas. A ventilação é provocada internamente, evitando que a excessiva luminosidade da região afete, através da reflexão, o interior das construções (Figura 80).

O Tamanho dos Espaços Públicos

Os espaços públicos devem ser de pequenas proporções com presença de água e sombreados pelos edifícios altos e por dispositivos complementares (galerias, marquises etc.); ver Figura 81.

A umidade no espaço urbano é difícil de ser introduzida, uma vez que a vegetação, elemento de grande importância para a climatização, não é abundante. Portanto, é no edifício que a umidade deve ser obtida através da solução dos pátios com presença de água e vegetação resguardada pela sombra da edificação. O princípio do pátio pode ser introduzido para o controle dos espaços públicos a partir de uma morfologia do tecido urbano semelhante ao pátio, pois, assim, o efeito refrescante da vegetação é aproveitado (Figura 82).

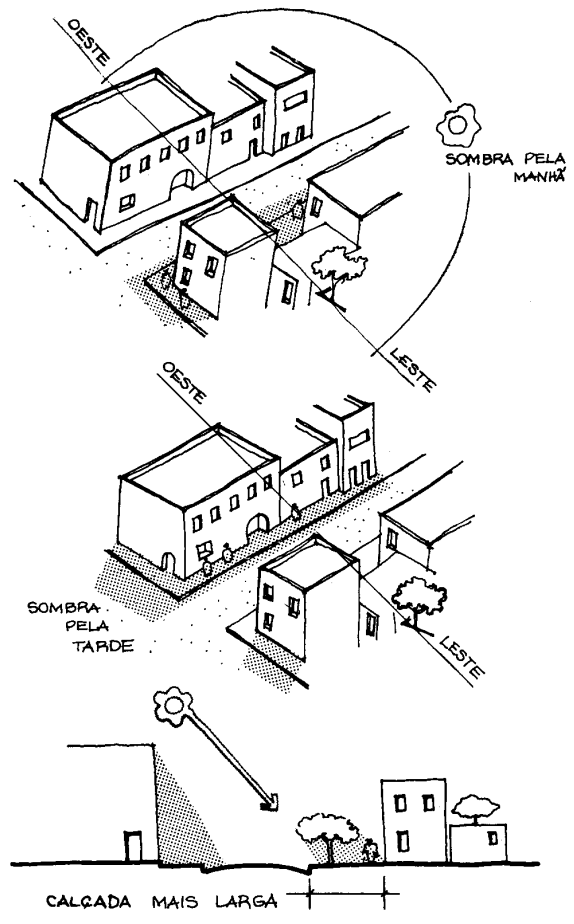



Figura 79 – A orientação da rua.

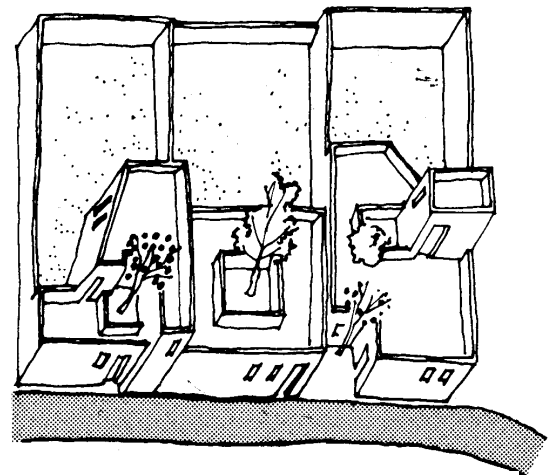
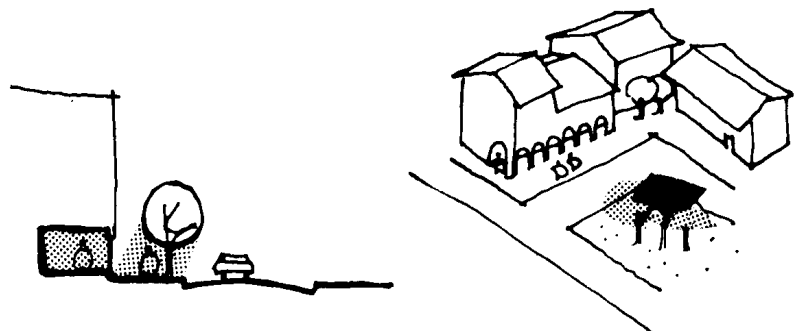



Figura 80 – Os lotes nas regiões quentes-secas. Adaptado de Van Lengen.

Nas regiões quente-secas, a presença de água no espaço urbano se faz imprescindível. Esta pode ser obtida através de fontes localizadas em praças, parques ou largos; esta água deve ser protegida com vegetação, formando uma abóbada com a folhagem para abrigá-la da radiação quente e deslumbrante e conservar o frescor advindo da sua presença (Figura 83- Pantalha vegetal sobre os caminhos do pedestre e presença d' água.)

Princípios Para as Regiões Tropicais de Clima Quente-Úmido

Nestas regiões verificam-se pequenas variações de temperatura diárias e estacionais, a radiação difusa é muito intensa e a umidade do ar elevada. O controle deve tender a diminuir a temperatura, incrementar o movimento do ar, evitar a absorção de umidade, proteger das chuvas e promover seu escoamento rápido.

Critérios Para a Escolha do Sítio – Localização / Ventilação/ Insolação

A localização do assentamento deve dar-se em lugares altos e abertos aos ventos. Em termos de orientação, a direção dos ventos dominantes é o elemento preponderante.

A velocidade do vento preponderante deve ser considerada, já que os ventos de altas velocidades resultam tão incômodos como a ausência destes (Figura 84).

As declividades naturais do sítio devem ser preservadas ou ainda criadas para auxiliar o escoamento rápido das águas de chuva (de grande volume nesta região), evitando, assim, as águas estanques propícias ao desenvolvimento de microrganismos, insetos e outros prejudiciais à saúde, tomando-se cuidado com a erosão.

O dreno deve ser favorecido para diminuir o alto índice de vapor d'água contido no ar.

Nestas regiões verifica-se um albedo baixo (superfícies úmidas e escuras) permissivo à absorção da radiação solar incidente, favorecendo a estabilidade do clima (equilíbrio da temperatura), já que o excesso de calor é absorvido e armazenado rapidamente.

A Morfologia do Tecido Urbano – A Forma

Nas regiões quente-úmidas, o tecido urbano deve ser disperso, solto, aberto e extenso, para permitir a ventilação das formas construídas (Figura 85).

Não devem existir grandes diferenças entre o ambiente interno e o externo. Deve-se procurar um espaço contínuo de integração.

As construções devem estar separadas entre si e rodeadas de árvores que proporcionem o sombreamento necessário e absorvam a radiação solar. Esta seria uma situação ideal para áreas pouco densas. Nas áreas densamente construídas, a construção de edifícios altos entre edifícios baixos favorece a ventilação; na situação inversa, isto é, quando todos os edifícios possuem a mesma altura, forma-se uma barreira que desloca o ar, sem que este penetre no tecido urbano (Figura 86).

Devem ser deixados espaços entre os edifícios, ao mesmo tempo que entre porções do tecido urbano, para que a ventilação seja conduzida através deste.

As Ruas

A orientação das ruas, procurando a sombra que permite a permanência no espaço público, pode ser obtida quando é lançado o traçado ou através da introdução de elementos que proporcionem este fator fundamental nas regiões tropicais. Os elementos podem ser a vegetação, os portais, as marquises, o alagamento de determinados trechos, as dimensões diferenciadas das calçadas.

A orientação que ofereça espaços ensolarados e espaços sombreados é a mais favorável; se acompanhada de vegetação ao lado do poente, auxilia consideravelmente a permanência no lugar ou o simples percurso do pedestre.

Os caminhos de pedestre devem ser curtos e sombreados, as superfícies gramadas devem substituir as pavimentadas para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas.

Os Lotes

Nas regiões quente-úmidas de baixa densidade, as dimensões dos lotes devem ser mais largas que compridas. As vedações escassas, e.de preferência naturais (vegetais), e a ventilação devem advir da rua. O alinhamento das edificações não deve ser rígido, permitindo a circulação do ar abundantemente (Figura 87).

O Tamanho dos Espaços Públicos

Os espaços públicos não devem ser de grandes dimensões, já que a sombra é um elemento fundamental nestes climas e, em espaços de grandes dimensões, não é possível seu aproveitamento.

Os espaços abertos devem prevalecer, e ser arborizados, procurando-se a perda de calor pela evaporação e pelo diferencial térmico produzido. Assim, auxilia-se a ventilação promovendo-a nas proximidades dos espaços construídos.

Para os caminhos só de pedestres, a sombra deve ser densa; para os caminhos de pessoas e veículos, a sombra pode ser mais leve, tomando-se o cuidado para evitar o acúmulo de poluentes logo abaixo das copas das árvores (Figura 88).

Princípios Para as Regiões Tropicais de Clima Tropical de Altitude

Nas regiões de clima mais ameno dos Planaltos ou Tropical de Altitude, se verificam condições semelhantes às do clima Tropical Úmido durante o período de chuvas, e semelhantes ao clima Tropical Seco no período da seca.

No período da seca, durante o dia, deve-se lutar contra o calor excessivo e, à noite, verifica-se a necessidade de proteção contra o frio. As condições de conforto para o dia e para a noite não são as mesmas.

Nas regiões de clima tropical de altura, as diretrizes para o desenho urbano não conseguem atender a todas as exigências; portanto, a forma e o desempenho das edificações são fundamentais, uma vez que o traçado não pode suprir todas as exigências climáticas da região.

O controle deve tender a reduzir a produção de calor na época úmida e na época seca diurna, incrementar o movimento do ar no período úmido e no período seco sem pó, aumentar a umidade na época seca diurna e noturna e reduzir a absorção de radiação no espaço urbano, permitindo a radiação nos edifícios, principalmente no período seco, e controlar a luminosidade.

Critérios Para a Escolha do Sítio – Localização / Ventilação / Insolação

As necessidades de localização não são tão estritas. Devem ser consideradas as necessidades de ganho de calor nas estações frias e proteção da radiação solar no verão. Nestas regiões não existem impactos em direções específicas. O clima ameno permite uma grande liberdade formal, e as construções e o meio natural tendem a fundir-se, proporcionando à cidade possibilidades de um arranjo mais livre.

Se o sítio do assentamento fosse numa colina, a localização deveria estar mais perto do cume, na parte mais protegida. A utilização das brisas nos períodos quentes é importante; mas como a direção dos ventos varia entre o inverno e o verão, os anteparos utilizáveis no primeiro não devem impedir as brisas necessárias no segundo.

A Morfologia do Tecido Urbano- a Forma

O traçado deve proteger contra a excessiva radiação diurno e atenuar as perdas noturnas. Para tanto, um traçado compacto seria o indicado para subtrair a maior quantidade de superfície à exposição solar e diminuir o resfriamento noturno das edificações.

A morfologia é extremamente importante quando se trabalha com o desenho urbano como forma de controle dos elementos do clima.

Poderia se pensar que um traçado compacto resolveria este problema, mas somente introduziria outro: eliminaria a ventilação, já que a massa de ar encontraria um obstáculo inicial que a impeliria a "saltar" por cima do espaço construído (Figura 89).

A exemplo do que acontece nas Orlas Marítimas, onde existem prédios que formam uma barreira que impede que as brisas frescas do mar esfriem as superfícies excessivamente aquecida do tecido urbano (Figura 90).

A forma ideal seria a criação do efeito pátio para aumentar a umidade do ar através da introdução do ar umedecido no interior do tecido urbano e permitir que este devolva ao exterior o ar já aquecido pela cidade. Nesta situação, o lago se comporta como um efetivo elemento de controle térmico (Figura 91).

A natureza dos materiais superficiais é de primeira importância Se a superfície do solo possui um albedo baixo (úmido e escuro e uma condutibilidade alta (a condutibilidade térmica dos materiais naturais decresce quando mais secos, menos densos e mais porosos), o clima resultante é suave e estável, uma vez que o excesso de calor é absorvido rapidamente e quando as temperaturas baixam é de pronto devolvido.

Estas devem ser arborizadas e orientadas num sentido que permite obter sempre uma face sombreada e auxiliar a edificação e o pedestre. Não devem ser muito estreitas nem muito largas, assim como o tecido compacto não deve atingir as proporções das regiões quente-secas, uma vez que é interessante acelerar o resfriamento das edificações aumentando as perdas do calor ganho durante o dia (Figura 92).

Nestas regiões, as ruas devem canalizar os ventos dominantes para obter as brisas necessárias no verão, porém a vegetação deve bloquear os ventos frios do inverno. As ruas e áreas livres devem ser sombreadas com árvores de grande copa para canalizar as brisas do verão e reduzir a reflexão da radiação solar, embora deixando penetrar o sol no inverno.

Para a orientação da rua com relação aos ventos, o bom ou mau aproveitamento da ventilação depende também das edificações que a margeiam. Por exemplo, numa rua orientada a favor dos ventos dominantes, o vento pode alcançar todas as casas e retirar o excessivo aquecimento produzido pela edificação. Mas se as edificações são uniformes, contíguas e estritamente alinhadas à rua, esta pode se tornar incômoda para a permanência das pessoas, uma vez que os ventos são canalizados, e, por não encontrarem obstáculos, correm desimpedidos, aumentando sua velocidade (ver efeito de canalização) e não penetrando nas edificações (Figura 93).

Numa rua perpendicular à direção dos ventos, deve-se tomar cuidados especiais com a distância entre as edificações dos dois lados da rua e com a porosidade dos obstáculos a barlavento, de forma a evitar que as edificações a sotavento fiquem sem vento.

O vento quando propicia a ventilação urbana se introduz no interior dos arranjos espaciais e produz uma série de fluxos ascendentes e descendentes, rotacionais ou não rotacionais, que, se corretamente utilizados, podem melhorar as condições de conforto através de ventilação das edificações.

Também deve ser evitada a canalização excessiva dos ventos, já que, ao contrário de introduzir uma amenização do ambiente, o tornam desconfortável (ver efeito de canalização) (Figura 94)

Os Lotes

O tamanho e a forma dos lotes nas regiões de clima ameno (tropical de altura) não exigem princípios rigorosos. Permite-se uma grande liberdade para atender aos controles necessários nestas regiões.

Em geral deve-se permitir uma adequada ventilação e impedir uma excessiva radiação. A exigência para o controle situa-se mais no alinhamento das edificações, quando, por exemplo, uma determinada rua canaliza os ventos predominantes. Um alinhamento que permita reentrâncias e saliências é aconselhável.

O Tamanho dos Espaços Públicos

Os espaços públicos não devem ser excessivamente grandes; se assim fossem, a grande massa de ar que se encontra neles absorveria a umidade contida no ar, produzindo um alto nível de secura. Convém lembrar que as superfícies secas de alto albedo têm alta refletividade, o que, aliado aos altos índices de luminosidade, produz desconforto visual nas pessoas.

Os espaços públicos devem ser razoavelmente abertos e densamente arborizados, as superfícies gramadas devem substituir, no possível, as pavimentadas, para reduzir a absorção da radiação solar e a reflexão sobre as superfícies construídas.

Nos parques e jardins públicos devem ser criados anteparos para a proteção do vento carregado de pó em suspensão e sempre com a presença da vegetação para a fixação do pó (Figura 95 – anteparos nos parques).

Sumário e Conclusões

Neste capítulo foram apresentados conceitos gerais da concepção arquitetural do bioclimatismo e sua aplicação ao espaço urbano para três tipos de clima encontrados nas regiões tropicais, tendo em vista os aspectos construtivos: quente-seco, quente-úmido e tropical de altura.

Para cada região climática existem princípios de desenho que favorecem o conforto e o desempenho dos espaços construídos.

Os princípios diferem de região para região. Assim, nas regiões de clima quente-seco, mesmo quando se verificam grandes variações diuturnas de temperatura, a necessidade de evitar a radiação solar direta domina as exigências dos períodos frios.

Por outro lado, nas regiões de clima quente e úmido, o impacto da radiação difusa deve ser considerado tanto quanto o da radiação direta para evitar altos índices de refletividade das superfícies construídas.

Já nas regiões de clima mais ameno dos planaltos, os princípios para o desenho urbano devem tender para o controle do excessivo calor e radiação solar diurna e para uma proteção contra o frio. Então, os princípios podem ser contraditórios, porém a forma e o desempenho das edificações são fundamentais, uma vez que o traçado não pode suprir todas as exigências climáticas da região.

Com a finalidade de corrigir, atenuar ou mudar certas variáveis do clima, podem ser utilizados vegetação, água, anteparos, revestimentos, cores, materiais diversos etc., contudo, são as características do meio as que prevalecem.

A adoção dos princípios gerais apontados requer em primeiro lugar uma avaliação da região climática, que pode ser feita a partir das variações diuturnas da temperatura do ar, da amplitude destas variações, dos regimes de chuvas que determinam as estações secas ou chuvosas, da intensidade da radiação difusa e direta, da quantidade de umidade relativa, do regime dos ventos, da altitude e da localização geográfica.

Feita esta avaliação, devem ser analisadas as porções do espaço urbano, uma vez que existem situações bastante diferenciadas dentro da estrutura espacial, com a ocorrência de diferenças entre os elementos do clima (temperatura, ventos e umidade) nos diferentes bairros, ruas, praças, lagoas, morros etc.

Os princípios bioclimáticos para o desenho urbano aqui elaborados foram orientados pelas características do clima, visando ao equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente.

Junto a informações e princípios gerais, os aspectos considerados foram a escolha do sítio e a morfologia do tecido urbano.

Os princípios para a escolha do sítio devem levar em conta a localização, a ventilação e a insolação.

Nas regiões de clima quente-seco, devem ser aproveitadas as barreiras naturais ou construí-las nas regiões com inverno para proteger o assentamento dos ventos frios. No caso das regiões sem inverno devem-se aproveitar as depressões para beneficiar-se dos fluxos de ar frio. Nas regiões de clima quente-úmido, o assentamento deve estar exposto aos ventos e à orientação, sendo beneficiado pelo sol pela manhã. Nas regiões de clima tropical de altitude, as necessidades de localização não são tão estritas; devem apenas ser consideradas as necessidades de ganho de calor nas estações frias e de proteção da radiação no verão.

Para a morfologia do tecido urbano, os princípios foram elaborados levando-se em conta a forma, a radiação, a ventilação, os lotes, o tamanho dos espaços públicos e as ruas.

Nas regiões de clima quente-seco, a forma deve ser compacta, a radiação evitada com a exposição mínima de superfícies à radiação solar, a ventilação minimizada, uma vez que carrega ar aquecido, e a forma dos lotes

estreita e longa. Os espaços públicos devem ser pequenos, sombreados e com presença de água. As ruas devem ser estreitas e curtas e a vegetação deve comparecer em maior proporção nos espaços privados.

Nas regiões de clima quente-úmido, a forma deve ser aberta, sombreada, a excessiva radiação evitada, em especial a difusa, através da utilização de materiais pouco refletivos, a ventilação favorecida em todos os ambientes e a forma dos lotes mais larga do que comprida, a fim de aproveitar ao máximo a ventilação conduzida pelas ruas. Os espaços públicos não devem ser de grandes dimensões, já que a sombra é um

elemento fundamental. As ruas curtas e com um lado que dê sombra. A umidade deve ser reduzida através da abertura de espaços e a vegetação não deve interferir com a ventilação.

Nas regiões de clima tropical de altitude ou ameno dos planaltos, um tecido compacto é recomendável para proteção contra a excessiva radiação diurna, assim como para atenuar as perdas noturnas. A ventilação deve ser favorecida ao mesmo tempo que deve ser fornecida a proteção para os ventos frios. Os lotes não exigem princípios rigorosos, sendo, portanto, permitida uma grande liberdade. Os espaços públicos não devem ser excessivamente grandes, mas sim razoavelmente abertos e densamente arborizados. A presença de água é necessária; as ruas arborizadas e orientadas de forma que sempre ofereçam um lado sombreado não devem ser muito estreitas nem muito largas; e a ventilação deve ser favorecida por meio dos anteparos necessários aos Ventos das épocas secas (quentes e carregados de pó).

A caracterização do clima e o exame do equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente, através da análise das variáveis do meio e do abrigo aqui realizados, conduziram à elaboração dos princípios bioclimáticos para o desenho urbano que, se acredita, venham subsidiar o desenho de ambientes urbanos que ofereçam melhores condições de controle e bem-estar para a população, via sua adequação ao meio, em especial ao clima. Finalmente cabe destacar que os esquemas gráficos apresentados não representam um modelo de morfologia. A morfologia pode ser qualquer uma; somente os princípios é que devem ser incorporados ao desenho urbano.